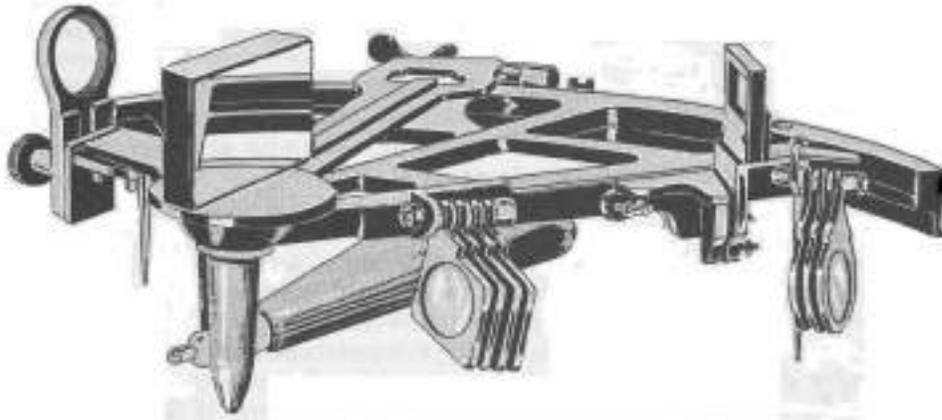
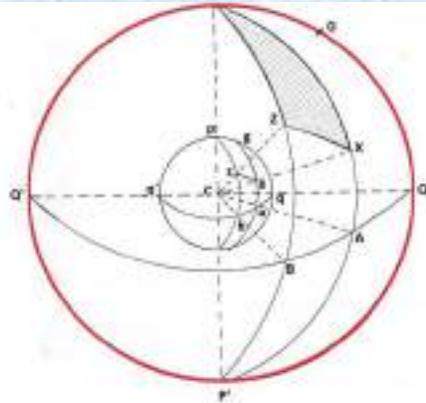


ISBN : 978-623-6464-43-4
e-ISBN : 978-623-6464-42-7 (PDF)

ILMU PELAYARAN ASTRONOMI BAGI AWAK KAPAL PENANGKAP IKAN



Penulis

**SILVESTER SIMAU
GRANDHI K. Da GOMEZ**

AMaFRaD  PRESS

ILMU PELAYARAN ASTRONOMI BAGI AWAK KAPAL PENANGKAP IKAN

Dilarang memproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari modul dalam bentuk atau cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.
©Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang No.28 Tahun 2014
All Rights Reserved

ILMU PELAYARAN ASTRONOMI

BAGI AWAK KAPAL PENANGKAP IKAN

Penulis Silvester Simau, A.Pi., S.Pi., M.Si.
Grandhi K. da Gomez, S.S.T.Pi.

Editor Indra Mulyana, S.Pi.
Afriana Kusdinar, S.St.Pi., M.Sc.

Disain dan Tata Letak: Grandhi K. da Gomez, S.S.T.Pi.

Jumlah Halaman:
xiii + 170 halaman

Edisi/Cetakan:
Cetakan Pertama, 2022

Diterbitkan oleh:
AMAFRAD Press
Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan
Gedung Mina Bahari III, Lantai 6, Jl. Medan Merdeka Timur, Jakarta Pusat 10110
Telp. (021) 3513300 Fax: 3513287
Email: amafradpress@gmail.com
Nomor IKAPI: 501/DKI/2014

ISBN: 978-623-6464-44-1
e-ISBN: 978-623-6464-45-8 (PDF)

©2022, Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang.
Diperbolehkan mengutip Sebagian atau seluruh isi buku dengan mencantumkan sumber referensi

Sambutan Kepala Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan

Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan sangat memperhatikan pengembangan potensi sumberdaya manusia kelautan dan perikanan dengan berbagai macam upaya dapat dilakukan oleh para tenaga fungsional di lingkup Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan. Salah satu cara yang dilakukan yaitu dengan mewajibkan dan memotivasi para tenaga fungsional untuk mengembangkan potensi dirinya melalui karya penulisan buku ilmiah, buku monograf, bahan ajar, modul atau hasil riset yang dilakukan oleh masing-masing tenaga fungsional (dosen, guru, dan instruktur) dalam melaksanakan tugas dan fungsinya.

Berkarya lewat tulisan diharapkan tenaga fungsional dapat menyebarkan ilmu dan pengetahuannya kepada para peserta didik maupun peserta pelatihan, dan menjadikan dirinya sebagai sumber ilmu dan pengetahuan dari hasil karyanya sendiri. Setiap tulisan yang telah dikaryakan melalui Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan dapat menjadi salah satu unsur penilaian dari atasan terhadap kinerja tenaga fungsional yang bersangkutan.

Dalam perkembangan teknologi IT saat ini, para tenaga pendidik diharapkan mampu mengembangkan kompetensi dirinya melalui karya tulis untuk disebarakan baik secara *on line* maupun *off line*.

Dalam kesempatan ini selaku Kepala Pusat Pendidikan KP, saya memberikan apresiasi dan motivasi kepada Tim penulis yang telah berupaya untuk menulis buku bahan ajar bagi peserta didik dilingkup Pusat Pendidikan KP. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi para peserta didik.

Jakarta, 26 Juni 2021
Kepala Pusat Pendidikan KP

DR. Bambang Suprakto, A.Pi., M.T

Kata Pengantar Penulis

Upaya melengkapi bahan ajar dalam proses pembelajaran untuk peserta didik di Sekolah Usaha Perikanan Menengah, Politeknik Kelautan dan Perikanan, dan peserta pelatihan di Balai Diklat Perikanan perlu dilakukan oleh setiap tenaga fungsional dalam menyusun materi bahan ajar. Para guru, dosen, instruktur maupun widyaiswara yang melakukan kegiatan pendidikan dan pelatihan bagi masyarakat kelautan dan perikanan perlu melakukannya untuk meningkatkan profesionalisme melalui karya tulis maupun penelitian. Buku tentang Ilmu Pelayaran Astronomi disesuaikan dengan berbagai perubahan yang terakhir dari ketentuan Konvensi IMO (*International Maritime Organization*) dalam *IMO Model Course 7.05*, dan *IMO Model Course 7.06, Quality Standart System (QSS)* Pendidikan Kelautan dan Perikanan, silabus matakuliah dan SKKNI. Diharapkan buku ini dapat membantu para pengajar/pelatih untuk menyajikan materi yang lebih *up to date* bagi para peserta didik maupun peserta pelatihan.

Materi yang disusun dalam modul ini merupakan rangkuman dari berbagai referensi dan resolusi ketentuan IMO yang terkait dengan Ilmu Pelayaran Astronomi. Tulisan ini telah diupayakan dengan berbagai gambar ilustrasi, foto, sketsa, dalam penerapan Ilmu Pelayaran Astronomi, maupun penyelesaian soal-soal ujian yang dapat membantu untuk memahami materi yang disampaikan.

Semoga modul tentang Ilmu Pelayaran Astronomi ini dapat bermanfaat bagi para peserta didik.

Bitung, 26 Juni 2021

Tim Penulis,

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada: Dr. Ing. Widodo S. Pranowo, M.Si, Prof. Dr. Ir. Sonny Koeshendrajaya, M.Sc, Prof. Dr. Ir. Ngurah N. Wiadnyana, DEA., Prof. Dr. Ir. I Ketut Sugama, M.Sc, Dr. Ir. Nyoman Suyasa, M.S., Dr. Singgih Wibowo, M.S., yang telah mengoreksi dan memberikan masukan kepada penulis sehingga buku ini menjadi lebih sempurna dan penyajian materi buku yang lebih baik.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Badan Riset dan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan (BRSDMKP), Dr I Nyoman Radiarta, S.Pi. M.Sc., Sekretaris BRSDMKP, Dr. Kusdiantoro, S.Pi, M.Sc., Kepala Pusat Pendidikan, Dr. Bambang Suprakto, A.Pi., MP, Direktur Politeknik KP Bitung, Ir. Adi Suseno, M.Si. dan tim editor BRSDM serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penerbitan buku ini.

DAFTAR ISI

Sambutan Kepala Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan	i
Kata pengantar tim penulis	iii
Daftar isi	v
Daftar gambar	ix
Daftar tabel	xiii
Petunjuk penggunaan buku	xv
Bab I. Sistem tata surya	1
1. Sistem tata surya	2
2. Tata letak Bumi-Bulan	4
3. Gerhana bulan (<i>moon eclipse</i>)	5
4. Gerhana matahari (<i>solar eclipse</i>)	6
5. Peredaran bumi (<i>earth's orbit</i>)	7
6. Siang dan malam (<i>day and night</i>)	9
7. Daerah iklim	11
8. Musim-musim di belahan bumi	11
9. Pergerakan asli dan pergerakan maya benda angkasa	12
Test formatif 1	15
Bab II. Tata koordinat angkasa dan sudut jam benda Angkasa	19
1. Sistem Navigasi Astronomi:	20
2. Definisi terkait dengan bulatan angkasa	20
3. Segitiga paralaks	21
4. Penentuan sudut jam (<i>Local Hour Angle=LHA</i>) matahari	22
5. Rumus dasar <i>LHA</i> (<i>Local Hour Angle</i>)	24
6. Penentuan sudut jam (<i>Greenwich Hour Angle=GHA</i>) bintang	27
7. Keseksamaan navigasi astronomi	28
Test formatif 2	29
Bab III. Cakrawala, nadir, zenith dan perbaikan tinggi benda angkasa	33
1. Definisi-definisi	34
2. Koreksi-koreksi	36
3. Lengkung sinar	36
4. Penundukan tepi langit	38
5. Paralaks atau beda tinggi	40
6. Setengah garis menengah ($\frac{1}{2}$ m)	42
Test Formatif 3	47
Bab IV. Sextant dan almanak nautika	51
1. Prinsip kerja sextant	52
2. Kegunaan sextant	53
3. Bagian-bagian sextant	53
4. Cara membaca sextant	56
5. Mengukur tinggi benda angkasa	58
6. Kesalahan pada sextant (<i>sextant errors</i>)	61
7. Cara perawatan sextant	67

8. Sertifikat pada sextant	67
9. Almanak Nautika	68
Test formatif 4	77
Bab V. Waktu dan perataan waktu	81
1. Pengaturan waktu	82
2. Penunjuk pengukur waktu (<i>Chronometer</i>)	88
3. Menentukan duduk dan langkah	94
4. Perhitungan pencarian waktu	94
Test formatif 5	96
Bab VI. Saat matahari berembang dan lintang tengah hari matahari untuk menentukan posisi kapal	99
1. Rumus dasar titik lintang berembang benda angkasa	100
2. Menghitung waktu reembang benda angkasa	101
3. Menghitung waktu reembang benda angkasa untuk waktu reembang bintang (*)	108
Test formatif 6	110
Bab VII. Menentukan deviasi pedoman dengan azimuth benda angkasa	111
1. Azimuth benda angkasa	112
2. Perhitungan deviasi pedoman	123
Penugasan	125
Test formatif 7	126
Bab VIII. Menggunakan proyeksi bumiawi dan jajar tinggi untuk penentuan posisi kapal	129
1. Proyeksi bumiawi dan jajar tinggi	130
2. Lengkung tinggi dan garis tinggi	134
3. Titik tinggi, titik lintang dan titik bujur	139
4. Perhitungan titik tinggi	142
Test formatif 8	146
Bab IX. Menghitung garis tinggi dan arah garis tinggi untuk menentukan posisi kapal	147
1. Penggunaan garis tinggi	148
2. Perhitungan yang digabungkan dengan lintang tengah hari (keadaan istimewa)	150
3. Arti suku $C (= A + B)$ dan suku f	152
4. Garis tinggi tunggal	153
5. Perhitungan dan konstruksi dari titik tinggi dan arah garis tinggi.	154
6. Skema perhitungan titik tinggi	155
Penugasan	156
Test formatif 9	157
Bab X. Menentukan posisi kapal dengan tinggi 2 benda angkasa	159
1. Penjelasan	160
2. Menentukan nama bintang yang belum dikenal	160
Penugasan	172
Test formatif 10	173
	174

Penutup	
Daftar pustaka	175
Glosaryum	176
Test sumatif	181
Lembar kunci jawaban	185
Index buku	187
Riwayat penulis	191
Halaman extract daftar ilmu pelayaran	195

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul gambar	Hal
Gambar 1:	Sistem tata surya, letak Matahari, bumi, dan planet-planet lainnya	2
Gambar 2:	Kedudukan orbit bulan mengelilingi bumi	3
Gambar 3:	Peredaran Bulan dalam 8 posisi berturut-turut	4
Gambar 4:	Ilustrasi terjadinya gerhana Bulan	6
Gambar 5:	Ilustrasi terjadinya gerhana Matahari	6
Gambar 6:	Peredaran Bulan mengelilingi Bumi	7
Gambar 7:	Ilustrasi kedudukan <i>zawal</i> Matahari sepanjang t	8
Gambar 8:	Ilustrasi sinar Matahari mengarah ke bidang Ecliptica bumi	8
Gambar 9:	Ilustrasi keadaan Matahari sekitar jajar-jajar istimewa	10
Gambar 10:	Beberapa jajar istimewa pada bumi	11
Gambar 11:	Ilustrasi Bumi beredar mengelilingi Matahari	12
Gambar 12:	Ilustrasi pengaruh dari fajar	14
Gambar 13:	Bulatan angkasa dan koordinat angkasa dari sebuah bintang. Terlihat pengukuran busur <i>azimuth</i> dan tinggi bintang diatas cakrawala (<i>horizon</i>)	21
Gambar 14:	Sebuah segitiga bola di angkasa	22
Gambar 15:	Diagram Sudut Jam Barat	23
Gambar 16:	Ilustrasi irisan sudut jam barat, dan sudut jam <i>Greenwich</i> untuk matahari	24
Gambar 17:	Ilustrasi irisan sudut jam barat, dan sudut jam <i>Greenwich</i> untuk bintang	25
Gambar 18:	Ilustrasi perhitungan sudut jam barat	25
Gambar 19:	Ilustrasi cakrawala dan tinggi	35
Gambar 20:	Ilustrasi penundukan tepi langit maya (<i>dip</i>)	35
Gambar 21:	Refraksi astronomi (lengkungan sinar astronomi)	37
Gambar 22:	Ilustrasi penundukan tepi langit sejati	38
Gambar 23:	Ilustrasi pengukuran 2 x pada tepi matahari (t_1 dan t_2)	39
Gambar 24:	Ilustrasi paralaks tinggi	41
Gambar 25:	Ilustrasi $\frac{1}{2}$ garis menengah (<i>semi diameter</i>)	42
Gambar 26:	Ikhtisar perbaikan tinggi benda angkasa	44
Gambar 27:	Hukum cermin	52
Gambar 28:	Ilustrasi hukum cermin I dan II	52
Gambar 29:	Pesawat <i>sextant</i> (<i>sextant tromol</i>)	53
Gambar 30:	Bagian-bagian dari sebuah <i>sextant micrometer</i> (<i>sextant tromol</i>)	55
Gambar 31:	Pembacaan negative (dibawah 0^0) = $0^003'20''$ pada sextant tromol	57
Gambar 32:	Pembacaan positif (diatas 0^0) = $29^042',5$ pada sextant tromol	57
Gambar 33:	Pembacaan positif (diatas 0^0) = $29^042'30''$ pada sextant vernier	58
Gambar 34:	Pengukuran tinggi bayangan matahari terlihat dalam cermin kecil dancermin besar sextant	59
Gambar 35:	Ilustrasi bayangan bintang dalam cermin kecil saat pengukuran	60
Gambar 36:	Ilustrasi <i>Perpendicularity error</i> (kesalahan tegak lurus):	61
Gambar 37:	Ilustrasi <i>perpendicularity error</i> (kesalahan tegak lurus):	62
Gambar 38:	Metode pengecekan <i>side error</i> dan <i>index error</i>	63
Gambar 39:	Pengamatan bintang untuk pengecekan <i>side error</i>	63
Gambar 40:	Ilustrasi pengaturan sekrup <i>sextant</i> dengan melihat bayangan bintang pada	64

sextant

Gambar 41:	Putar sekrup di belakang cermin kecil untuk mengatur hilangkan “ <i>side error</i> ”	64
Gambar 42:	Metode pengecekan <i>index error</i> (salah indeks) dengan pengamatan matahari	65
Gambar 43:	Metode pengecekan <i>index error</i> (salah indeks) dengan pengamatan cakrawala (<i>horizon</i>)	66
Gambar 44:	Putar sekrup nomor 2 di belakang cermin kecil untuk mengatur hilangkan “ <i>index error</i> ”	66
Gambar 45:	Contoh sertifikat pada sextant.	68
Gambar 46:	Ilustrasi perhitungan selisih waktu = selisih bujur	83
Gambar 47:	Ilustrasi perhitungan jam GMT	84
Gambar 48:	Batas-batas <i>zone</i> setiap 15° bujur di bumi	85
Gambar 49:	Pembagian <i>zone time</i> secara garis besar di seluruh dunia	86
Gambar 50:	Garis batas tanggal nautik dan batas tanggal sipil	88
Gambar 51:	<i>Chronometer</i> tradisional yang lebih modern lengkap dengan kotaknya	89
Gambar 52:	Pada gambar <i>a</i> cara membuka katup pengaman (<i>bezel</i>)	90
Gambar 53:	Sebuah <i>Quartz crystal chronometer</i> buatan Kevin Hughes type <i>TC Chronometer</i>	91
Gambar 54:	Kotak <i>chronometer</i> buatan Kevin Hughes, <i>battery</i> cadangan yang dapat dilepas	91
Gambar 55:	Sketsa tampak dari atas sebuah <i>Quartz crystal chronometer</i>	92
Gambar 56:	Tekan kebawah tombol “ <i>stop</i> ” (gunakan jempol kanan) dan operasikan tombol “ <i>hand set</i> ” (gunakan jempol dan telunjuk kiri)	92
Gambar 57:	Beberapa kedudukan benda angkasa yang sedang berembang di lintang utara	100
Gambar 58:	Ilustrasi <i>L</i> dan <i>z</i> senama, serta $l > z$	104
Gambar 59:	Ilustrasi <i>L</i> dan <i>z</i> senama, serta $l < z$	104
Gambar 60:	Ilustrasi <i>L</i> dan <i>z</i> tak senama	105
Gambar 61:	Konstruksi lintang tengah hari	108
Gambar 62:	Kedudukan azimuth	112
Gambar 63:	Lukisan sudut elevasi 45°	112
Gambar 64:	Ilustrasi area azimuth	113
Gambar 65:	Keadaan istimewa azimuth	114
Gambar 66:	Ilustrasi penyebutan sudut asimutal menjadi baringan sejati	117
Gambar 67:	Ilustrasi sisi-sisi dan sudut segitiga paralak untuk azimuth tanpa tinggi	118
Gambar 68:	Ilustrasi benda angkasa berada di vertikal pertama, ΔTPS adalah siku-siku di <i>T</i>	119
Gambar 69:	Ilustrasi sisi-sisi dan sudut segitiga paralak	120
Gambar 70:	Segitiga bola pada bulatan angkasa	120
Gambar 71:	Ilustrasi <i>Azimuth Polaris</i>	121
Gambar 72:	Ilustrasi proyeksi bumiawi benda angkasa	130
Gambar 73:	Ilustrasi jajar tinggi	132
Gambar 74:	Jajar tinggi pada bulatan bumi	132
Gambar 75:	Bentuk lengkung tinggi pada bola bumi	134
Gambar 76:	Lengkungan tinggi di peta lintang bertumbuh	135
Gambar 77:	Lengkungan tinggi menjadi elips pada peta bertumbuh, titik pusat <i>Pb</i> tidak berimpit dengan titik pusat elips	136
Gambar 78:	Titik pusat <i>Pb</i> dan lengkung tinggi	136
Gambar 79:	Lengkung tinggi berbentuk parabola	137

Gambar 80:	Lengkung tinggi berbentuk lengkungan terbuka	137
Gambar 81:	Jajar tinggi dan segitiga bola angkasa (paralaks)	138
Gambar 82:	Kedudukan arah garis tinggi dan tempat duga.	139
Gambar 83:	Kedudukan titik tinggi, titik bujur dan titik lintang	139
Gambar 84:	Kedudukan titik tinggi, titik lintang dan titik bujur	140
Gambar 85:	Kedudukan titik tinggi, titik lintng dan titik bujur	140
Gambar 86:	Ilustrasi benda angkasa di meridian penilik	141
Gambar 87:	Perubahan deklinasi (zawal) bulan	142
Gambar 88:	Ilustrasi untuk segitiga bola pada lintang dan zawal yang senama	143
Gambar 89:	Ilustrasi untuk segitiga bola pada lintang dan zawal yang tak senama	144
Gambar 90:	Ilustrasi 3 posisi letak titik tinggi (H) terhadap tempat duga (G)	144
Gambar 91:	Ilustrasi kesimpulan 3 posisi letak titik tinggi (H) terhadap tempat duga (G)	145
Gambar 92:	Ilustrasi posisi kapal secara konstruksi di peta	148
Gambar 93:	Ilustrasi posisi kapal secara konstruksi di kertas biasa	149
Gambar 94:	Ilustrasi penentuan posisi kapal dengan pengamatan 1 dan 2	149
Gambar 95:	Ilustrasi penentuan posisi kapal dengan 2 pengamatan yang berbeda waktu	150
Gambar 96:	Posisi kapal digabungkan dengan pengamatan di derajah	151
Gambar 97:	Posisi kapal digabungkan dengan pengamatan di derajah lintang tengah hari	152
Gambar 98:	Sisi-sisi pada segitiga untuk arti suku C dan f	152
Gambar 99:	Ilustrasi memeriksa atas pergeseran kapal ke samping	153
Gambar 100:	Ilustrasi memeriksa kecepatan kapal	153
Gambar 101:	Ilustrasi menghampiri suatu target atau mengikuti garis merkah	153
Gambar 102:	Ilustrasi menentukan haluan untuk menghindari bahaya	154
Gambar 103:	Ilustrasi menentukan posisi dengan peruman	154
Gambar 104:	Ilustrasi menentukan posisi dibantu baringan darat	154
Gambar 105:	Cara <i>plotting</i> salah satu benda angkasa (bintang)	162
Gambar 106:	Pembacaan nilai <i>azimuth</i> dan tinggi dari beberapa benda angkasa yang akan diamati dengan argumentasi LHA $\sphericalangle = 183^\circ$.	163
Gambar 107:	Peta bintang belahan bumi selatan	164
Gambar 108:	<i>Star finder and Identifier model Kotlaric</i>	165
Gambar 109:	Bintang-bintang terlihat sekitar gugus <i>Pegasus</i>	166
Gambar 110:	Bintang-bintang terlihat sekitar gugus <i>Orion</i>	167
Gambar 111:	Bintang-bintang terlihat sekitar gugus <i>Ursa Major</i>	168
Gambar 112:	Bintang-bintang terlihat sekitar gugus <i>Cygnus</i>	169
Gambar 113:	Posisi kapal secara konstruksi melalui pengukuran 2 bintang	171

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul tabel	Hal
Tabel 1:	Rata-rata diameter planet, jarak dari Matahari, dan waktu putaran terhadap Matahari	4
Tabel 2:	Daftar koreksi saat pengukuran tinggi benda angkasa menggunakan sextant	43
Tabel 3:	Daftar Publikasi Pushidrosal dalam Berita Pelaut Indonesia Nomor 1 tahun 2017	69
Tabel 4:	Contoh halaman harian sebelah kiri sebuah Almanak nautika tahun 2018	71
Tabel 5:	Contoh halaman harian sebelah kanan sebuah Almanak nautika tahun 2018	72
Tabel 6:	Penjelasan tentang maksud angka-angka, huruf dan singkatan-singkatan dalam halaman harian Almanak nautika untuk matahari, bulan, bintang dan planet-planet	73
Tabel 7:	Data perataan waktu (<i>Equation of time</i>) dan saat rembang matahari (<i>Mer.Pass</i>) tanggal 10, 11 dan 12 Mei 2018	82

PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU

1. Baca materi bab demi bab dalam buku dengan cermat dan teliti.
2. Kerjakan penugasan, dan/atau soal-soal test formatif untuk dapat mengecek kemampuan untuk mengukur sampai sejauh mana pengetahuan dan keterampilan yang anda kuasai dalam kegiatan belajar tersebut.
3. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan penyelesaian pekerjaan (menggunakan alat dan skema perhitungan) dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan dalam setiap kegiatan belajar.
4. Pahami setiap materi teori dasar yang menunjang dalam penguasaan suatu pekerjaan dengan membaca secara teliti materi setiap bab. Kerjakan soal-soal penugasan dan/atau tes formatif sebagai sarana latihan.
5. Menjawab test formatif, usahakan memberi jawaban yang benar dan kerjakan sesuai kemampuan anda setelah mempelajari setiap kegiatan belajar.
6. Setiap penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan benar, konsultasikan dengan dosen/pembimbing bila anda mengalami kesulitan.
7. Pinjam peralatan, daftar table atau diagram dari laboratorium atau kapal latih yang akan anda gunakan dalam praktik sesuai kegiatan belajar. Prosedur tetap dalam proses peminjaman/penggunaan alat selalu anda ikuti sesuai SOP.
8. Catatlah kesulitan yang anda dapatkan dalam setiap bab dalam buku ini, untuk ditanyakan pada dosen/pembimbing pada setiap kegiatan tatap muka atau lewat email dosen/pembimbing yang bersangkutan.
9. Baca juga referensi lainnya yang terkait dengan materi dalam buku ini agar anda mendapat tambahan pengetahuan.
10. Untuk menyelesaikan soal-soal dalam penugasan yang harus menggunakan almanak nautika gunakan Almanak Nautika tahun 2018, yang dapat di-google dari website: <https://www.thenauticalalmanac.com>
11. Peserta didik dapat juga menggunakan almanac nautika tahun 2019, 2020 dan tahun selanjutnya untuk menambah pengetahuan.

BAB I

SISTEM TATA SURYA



Credit: <https://www.kompas.com/sains/image>

Sistem tata surya

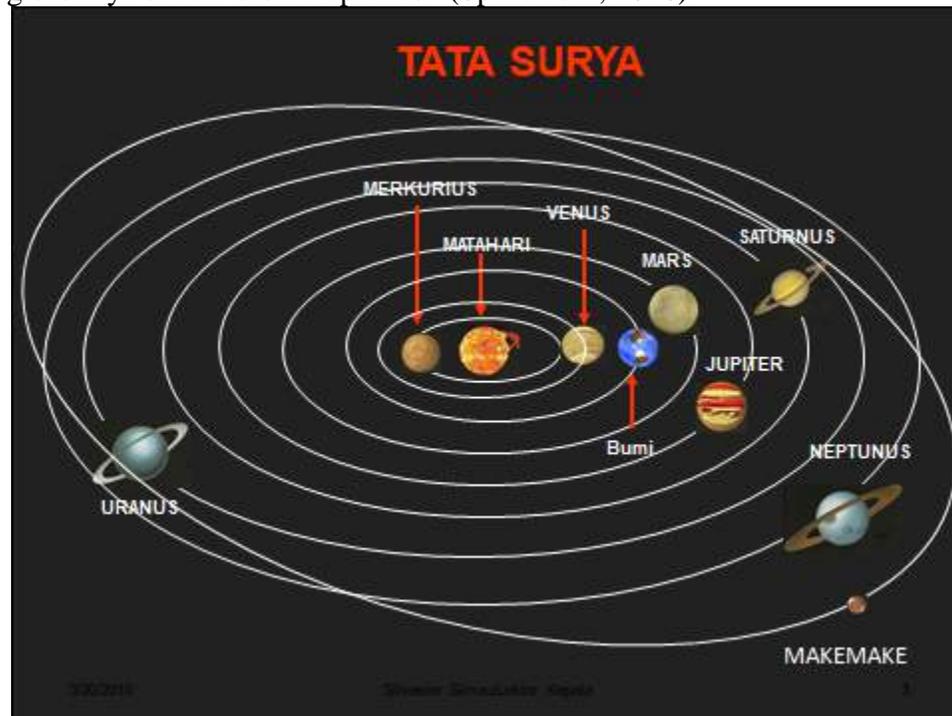
1. Sistem tata surya

Sebutan tata surya maksudnya adalah Matahari dan planet-planetnya. Pusat gravitasi dari sistem tata surya adalah keadaan di pusat Matahari dan keadaan sekelilingnya dimana planet-planet berputar pada arah lintasan atau orbitnya.

a. **Planet (Sayarat):**

Ada sembilan planet yang ada dalam sistem tata surya. Planet-planet tersebut diberi nama berdasarkan urutan hitungan jaraknya dari Matahari yaitu: Mercury (Utariid), Venus (Kejora), Bumi, Mars (Marich), Jupiter (Mustari), Saturnus (Kaiwan), Uranus (Zohal), Neptune (Baruna), dan Pluto tetapi hanya empat buah planet yang dapat dilihat dengan mata telanjang dan sinarnya cukup terang untuk keperluan navigasi. planet tersebut adalah Venus, Jupiter, Mars dan Saturnus, dan dapat dilihat dengan pijar yang terang dan tetap sepanjang tahun (Pardi, 1954).

NASA telah mengeluarkan Pluto dari sistem tata surya dan digantikan dengan planet baru yang diberi nama Makemake. Makemake pertama kali ditemukan pada tanggal 31 Maret 2005 oleh tim astronom yaitu M.E. Brown dan C.A Trujil. Makemake merupakan planet terkecil yang orbitnya di luar orbit Neptunus. (Space.com, 2016).



Credit: Silvester

Gambar 1: Sistem tata surya, letak Matahari, bumi, dan planet-planet lainnya.

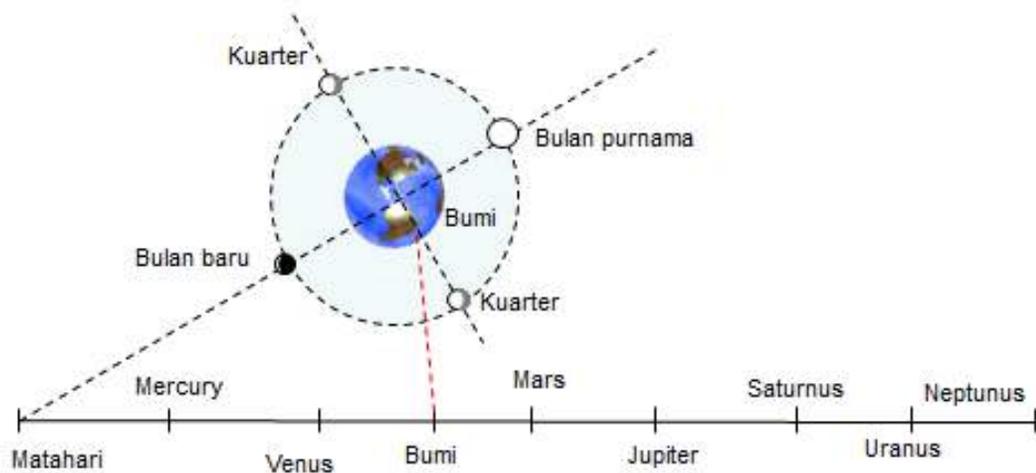
b. **Asteroid.**

Asteroid atau planet kecil yang berputar sekeliling Matahari di tempat antara Mars dan Jupiter. Planet-planet tersebut bercahaya dikarenakan oleh pantulan sinar Matahari dan berbeda dengan bintang-bintang karena pijarnya yang tetap. Bintang-bintang bercahaya sendiri seperti Matahari dan terlihat berkedip. Tiap bintang mungkin merupakan pusat dari sistem tata surya yang lain seperti Matahari dan satelit-satelitnya yang berputar di

sekelilingnya. Hanya sedikit diketahui tentang bintang sehubungan dengan jarak yang sangat jauh sehingga dinamakan jarak astronomis (Himadri, 1992).

c. Jarak astronomi.

Jarak astronomi itu sangat jauh. Bulan berjarak sekitar 24.000 mil dari bumi. Jarak rata-rata dari Matahari ke bumi seperti tertera pada tabel berikut yaitu sekitar 93 juta mil. Planet *Neptunus* merupakan planet yang paling jauh sekitar 2792 juta mil dari Matahari, dan jarak yang paling dekat adalah bintang, *Centauri* diketahui mendekati 20 bilion mil, suatu jarak yang sangat besar. Jika kecepatan cahaya rata-rata 186.000 mil per detik dalam ukuran yang diukur, maka diperlukan waktu $3\frac{1}{2}$ tahun untuk mencapai bumi. Cahaya dari sebuah bintang yang terkenal untuk navigasi ialah *Capella* memerlukan waktu 36 tahun untuk mencapai bumi (Edward, 1987).



Credit: Silvester

Gambar 2: Kedudukan orbit bulan mengelilingi bumi.

Keterangan: Garis putus-putus hitam menunjukkan ilustrasi posisi umur bulan mengorbit mengelilingi bumi saat bumi mengelilingi matahari. Garis putus-putus merah merupakan ilustrasi posisi jarak bumi dari matahari.

d. Tahun

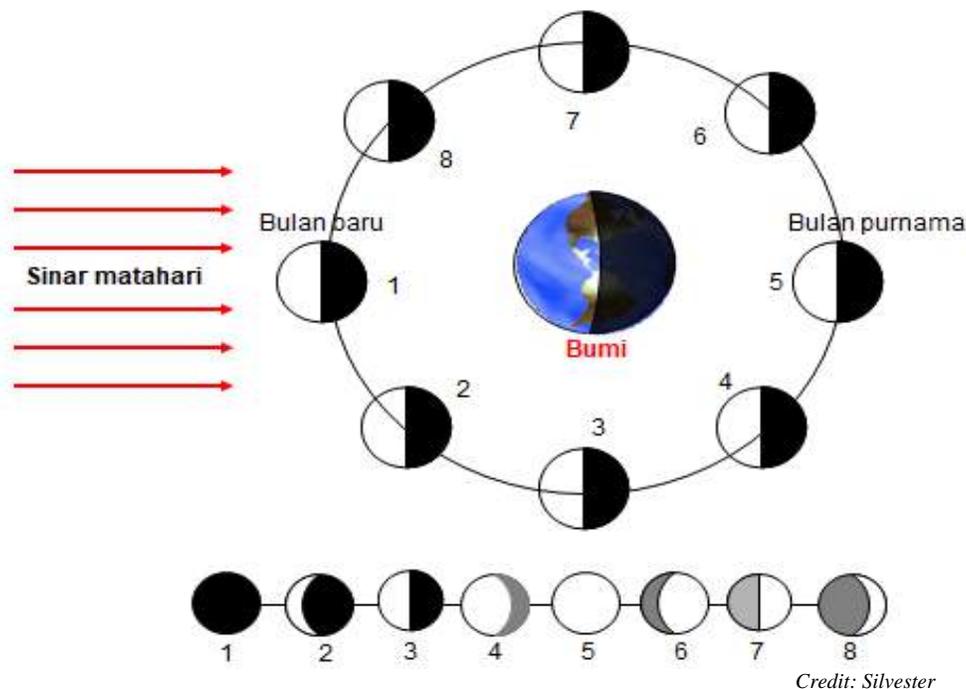
Tahun dari peredaran planet adalah waktu yang diperlukan untuk berputar penuh mengelilingi Matahari. Lamanya beredar dalam tahun bertambah dengan bertambahnya jarak planet dari Matahari sehingga dengan demikian maka tahun dari planet Venus lebih pendek dari tahun bumi karena letaknya yang lebih dekat ke Matahari. Planet Mars sebaliknya akan memerlukan waktu ± 2 tahun untuk mengelilingi Matahari. Planet Jupiter yang terletak 5x lebih dari bumi terhadap Matahari memerlukan waktu 12 tahun untuk mengelilingi Matahari. Planet-planet tersebut juga mempunyai satelit yang mengelilinginya. Bumi mempunyai satu buah Bulan sebagai satelit. Planet Mars mempunyai dua buah Bulan, planet Jupiter mempunyai 8 buah Bulan dan planet Saturnus mempunyai 10 buah Bulan sebagai satelitnya (Pardi, 1954).

Tabel 1: Rata-rata diameter planet, jarak dari Matahari, dan waktu putaran terhadap Matahari

Nama planet	Rata ² Diameter (in miles)	Rata ² jarak dari Matahari (in million miles)	Waktu putaran terhadap Matahari	Jumlah Bulan
Matahari	866.400	-	-	-
Mercury (Utarid)	3.000	36	87,97 hari	0
Venus (Kejora)	7.000	67	224,70 hari	0
Bumi	7.927	93	365,26 hari	1
Mars (Marich)	4.200	142	687,00 hari	2
Jupiter (Mustari)	88.250	483	11,86 tahun	16
Saturnus (Kaiwan)	74.240	886	29,46 tahun	17
Uranus (Zohal)	32.000	1.782	84,01 tahun	14
Neptunus (Baruna)	32.900	2.792	164,80 tahun	8
Makemake	444	4.251	305,00 tahun	1

2. Tatanan Bumi-Bulan

Bulan membuat satu putaran yang lengkap dalam jalurnya mengelilingi bumi sebesar 360° dalam waktu 27 $\frac{1}{3}$ hari, peredaran ini dinamakan peredaran siderik. Dapat juga dikatakan dari peredaran Bulan yang searah dengan sebuah bintang sampai searah lagi dengan bintang tersebut. Namun bukan berarti bahwa Bulan jatuh di tempat yang sama di permukaan bumi. Diperlukan waktu 29 $\frac{1}{2}$ hari atau periode satu Bulan sinodik. Karena Bulan berputar satu kali selama mengelilingi bumi akan memperlihatkan permukaan yang sama terhadap bumi (Edward C., 1987).



Gambar 3 : Peredaran Bulan dalam 8 posisi berturut-turut selama satu bulan.

a. **Konjungsi (Conjunction), Oposisi (Opposition) dan Kuarter (Quadrature)**

Dalam gambar 3 diatas, Bulan dalam peredarannya menampakkan 8 (delapan) posisi Bulan berturut-turut yaitu **Konjungsi (Conjunction)**, **Kuarter (Quadrature)**, **Oposisi**

(*Opposition*), dan **Kuarter** (*Quadrature*). Konjungsi karena pada posisi (1) Bulan dan Matahari berada pada sisi yang sama dari bumi, keduanya dikatakan berada pada **Konjungsi**. Pada saat di posisi (5), Bulan berada berseberangan dengan posisi Matahari (**Oposisi**). Pada saat berada di posisi (3) dan (7), sudut di bumi antara Matahari dan Bulan sebesar 90° di sepertempat bagian lingkaran bumi dan keduanya dinamakan **Kuarter**. Bila berada pada konyunksi maka sisi Bulan ke arah Matahari dikenai sinar yang penuh, sedangkan sebagian ke sisi bumi dalam keadaan gelap. Dalam kondisi ini kita tidak melihat Bulan, posisi konjungsi ini dinamakan **Bulan Baru** (*New Moon*). Pada Bulan baru umurnya 0 jam 0 menit dan ini terjadi dalam periode Bulan dimana Matahari dan Bulan bersama melewati derajah pada jam 12.00 tengah hari. Fase Bulan adalah bentuk Bulan yang selalu berubah-ubah dilihat dari bumi, akibat dari bagian Bulan yang dikenai sinar Matahari berubah secara teratur. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3 diatas, dimana Bulan berjalan dari saat konjungsi ke saat kuarter yang memakan waktu 7 (tujuh) hari dimana mula-mula tampak sebagai **Bulan Sabit** sampai separuh lingkaran di posisi (3). Bulan bertambah besar sampai ia mencapai posisi (5) dimana Bulan kelihatan bulat penuh. Bulan berada di posisi **Oposisi** dan hal ini dinamakan **Bulan Purnama** (*Full Moon*). Posisi oposisi akan terjadi bilamana Bulan melewati derajah atas pada malam hari dan pada saat yang sama Matahari melewati derajah bawah. Umur Bulan ketika itu adalah 15 hari. Bulan akan mengecil lagi dan akan tampak separuh lagi pada posisi **Kuarter** berikutnya di posisi (7). Bulan akan bertambah mengecil dan akan menghilang karena sampai di posisi konjungsi. Dari posisi konjungsi ke posisi konjungsi lagi memakan waktu $29\frac{1}{2}$ hari atau satu Bulan sinodik. Perubahan fase Bulan secara periodik digunakan untuk melakukan penanggalan yang dikenal dengan tarikh Bulan atau tarikh Kamariah. Selama Bulan mengelilingi bumi dalam waktu $29\frac{1}{2}$ hari, bumi sendiri mengelilingi Matahari dan pada jalur atau orbitnya telah membuat sudut $\pm 30^\circ$ dan tentunya Bulan dibawa ikut serta. Jarak dari Bulan ke bumi berubah-ubah selama peredarannya mengelilingi bumi, dari jarak 221 ribu mil sampai 252 ribu mil.

b. **Apogee dan Perigee.**

Jarak yang terdekat bulan ke bumi dinamakan **Perigee** dan jarak yang terjauh bulan ke bumi dinamakan **Apogee**. Umur maupun fase Bulan di Almanak Nautika dapat dilihat di halaman harian. Umur bulan di Almanak Nautika disebut **Age**, dan fase disebut **Phase**. Bersamaan dengan bertambahnya **Age** maka **Phase** Bulan juga mengalami perubahan.

c. **Aphelion dan perihelion.**

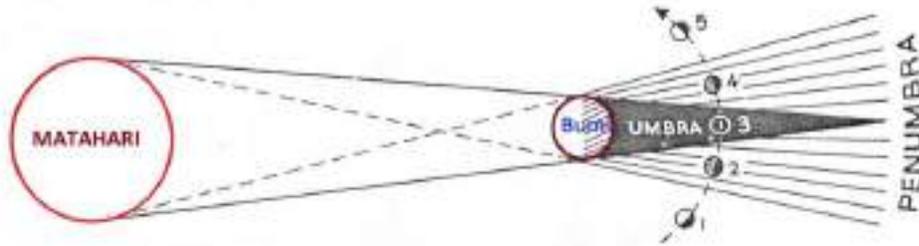
Bumi akan berada di titik **Aphelion** yaitu posisi bumi berada jauh dari matahari. Ini yang menyebabkan suhu bumi menjadi **lebih dingin** dan mencapai titik minimum. Aphelion berarti jarak terjauh yang dicapai Bumi dalam orbitnya mengelilingi matahari. Sedangkan kebalikannya adalah **Perihelion**, yaitu jarak terdekat bumi dengan matahari. Orbit bumi itu tidak bulat sempurna, tetapi berbentuk elips, sehingga ada saatnya bumi berada di titik terjauh dan juga ada saatnya berada pada titik terdekat dengan matahari. Contoh pada tahun 2018 aphelion terjadi pada tanggal 6 Juli 2018 pukul 23.48 WIB. Karena puncaknya terjadi pada saat malam hari (matahari rembang bawah), maka kita yang berada di Indonesia dan sekitarnya tidak bisa melihat peristiwa ini, hanya saja suhu udara menjadi lebih dingin (misalnya di Kota Bandung dan Bogor) mencapai 12°C .

3. **Gerhana Bulan (Moon eclipse)**

Gerhana Bulan atau *eclipse of the Moon*, terjadi karena bumi disinari Matahari, maka bumi mempunyai bayangan yang berjarak sampai 800.000 mil. Karena Bulan hanya

berjarak 240.000 mil dari bumi, maka pada saat-saat tertentu Bulan akan melewati bayangan ini.

Pada gambar 4 menunjukkan Bulan pada posisi 1,2,3,4, dan 5. Di saat gerhana Bulan posisi (2) menunjukkan Bulan berada di *Penumbra*, jadi gelap sekali. Posisi tersebut dinamakan Penumbra. Pada posisi (3) Bulan berada di *Umbra* dan Bulan tidak kelihatan sama sekali. Di posisi (5) Bulan kelihatan lagi terang dan bersinar, waktu dari gerhana adalah satu jam atau lebih kurang, tergantung dari besarnya bayangan bumi yang dilaluinya (Howell F.S., 1986).



Credit: Silvester

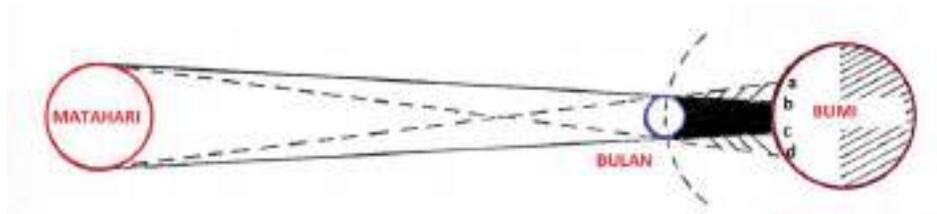
Gambar 4: Ilustrasi terjadinya gerhana Bulan.

Keterangan: posisi 1 dan 5 bulan terlihat terang dan bersinar; posisi 2 dan 4 bulan pada posisi *penumbra* (bulan terlihat gelap), posisi 3 bulan pada posisi umbra (bulan tidak terlihat)

4. Gerhana Matahari (*Solar eclipse*)

Gerhana Matahari disebabkan karena Bulan berada antara Bumi dan Matahari. Kejadian ini hanya dapat terjadi pada saat Bulan baru (*new moon*) atau pada saat Bulan berada pada konyungsi. Kejadian ini tergantung dari letak Matahari, Bulan dan Bumi dan pada jarak masing-masing antara mereka.

Bilamana bayangan dari Bulan cukup panjang untuk sampai di Bumi, maka gerhana total (*total eclipse*) dari Matahari akan terjadi. Gerhana sebagian (*partial eclipse*) akan terjadi di daerah *penumbra* yaitu di (a) sampai dengan (b) serta (c) sampai dengan (d). Gerhana cincin (*annular eclipse*) akan terjadi bilamana kerucut bayangan dari Bulan tidak sampai ke Bumi, sehingga Bulan melewati Matahari tanpa menutupi seluruh Matahari, namun sebagian tengahnya saja dan akan terlihat cincin cahaya, sedang tengah-tengahnya Matahari terlihat gelap oleh bayangan Bulan (Howell F.S., 1986).



Credit: Silvester

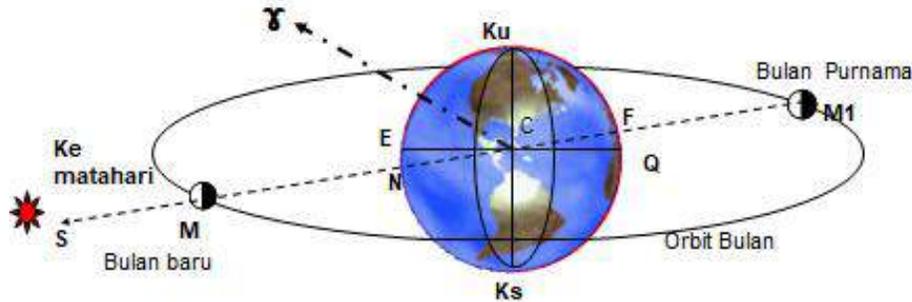
Gambar 5 : Ilustrasi terjadinya gerhana Matahari.

Keterangan: a-b dan c-d posisi gerhana matahari dimana matahari sebagian terlihat (*penumbra*); b-c posisi gerhana total matahari saat matahari ditutup oleh bayangan bulan.

Posisi Matahari dan Bulan pada saat gerhana.

Bila dilihat secara sepintas, maka ada gerhana Matahari pada tiap-tiap Bulan baru (*new moon*) dan juga akan ada gerhana Bulan pada tiap-tiap Bulan purnama (*full moon*). Hal ini

tidak terjadi disebabkan bidang *ecliptica* dimana Matahari berada dan bidang peredaran Bulan membuat sudut sebesar 5° , sehingga dengan demikian hanya kadang-kadang saja posisi dari Matahari, Bumi dan Bulan jatuh bersamaan sehingga sebagian dari satunya menutupi sebagian atau seluruhnya dari yang lainnya (Edward, C. 1987).



Credit: Silvester

Gambar 6: Peredaran Bulan mengelilingi Bumi.

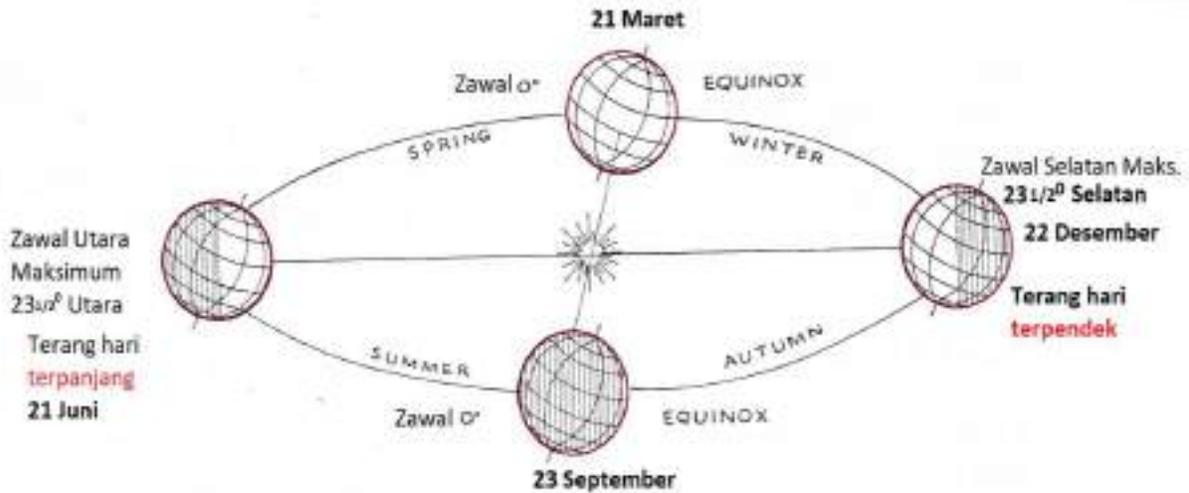
Keterangan: C = titik pusat bumi; S= Matahari; EQ = bidang katulistiwa; EN = zawal selatan bulan; FQ = zawal utara bulan; γ = Aries; Ku = Kutub Utara; Ks = Kutub Selatan; M = posisi bulan baru; M1 = posisi bulan purnama.

Dalam gambar 6 diatas, titik C adalah titik pusat Bumi, titik M adalah posisi Bulan baru (*new Moon*) dalam peredarannya bila berada pada posisi konyunksi dengan Matahari (S). Garis EQ adalah bidang katulistiwa maka EN adalah zawal selatan dari Bulan dan juga dari Matahari pada saat gerhana Matahari. Jika $C\gamma$ adalah arah titik pertama dari Aries maka sudut γ_{CM} = sudut γ_{CS} yang juga menunjukkan Sudut Jam Barat (*Sidereal Hour Angle/S.H.A*) dari Bulan dan Matahari. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada saat gerhana Matahari, S.H.A dan zawal Matahari serta S.H.A dan zawal Bulan adalah sama atau hampir sama. G.H.A. Matahari dan Bulan juga sama pada saat terjadi gerhana Matahari (*Solar eclipse*). Sekarang kita bayangkan bahwa umur Bulan adalah 14 hari, dan sekarang berada di M1 pada posisi bulan purnama (*full moon*), dan karena keadaan memungkinkan akan terjadinya gerhana bulan, maka Matahari akan berada pada posisi berlawanan (opposisi) dan akan berada di (S), maka QF merupakan zawal Utara dari Bulan dan EN adalah zawal Selatan dari Matahari. Jadi ternyata bahwa pada saat gerhana Bulan, zawal Bulan dan Matahari adalah sama tetapi berlawanan namanya dan S.H.A Bulan = 180° berbeda dengan S.H.A-nya Matahari. Pada saat gerhana bulan, G.H.A. Matahari dan Bulan juga berbeda 180° . Jika $360^\circ - \angle \gamma_{CS}$ adalah S.H.A Matahari, maka $360^\circ - \angle \gamma_{CS} + 180^\circ = \angle \gamma_{CM}$ yang merupakan S.H.A. Bulan.

5. Peredaran Bumi (*Earth's orbit*)

Bumi beredar mengelilingi Matahari melalui jalur peredaran yang berbentuk bulat panjang, dan bidang edarnya dinamakan *ecliptica*. Dinamakan *ecliptica* karena gerhana (eclips) baru akan terjadi bilamana Bulan berada di bidang tersebut. Bumi berputar pada poros hariannya dan akan berputar genap 365 x pada masa berputar dalam waktu satu tahun mengelilingi Matahari.

Pada gambar 7 berikut ini, terlihat bumi pada peredarannya dengan matahari berada di tengahnya dan Bumi pada empat posisi berturut-turut (Gardner A.C. and Creelman, 1986).

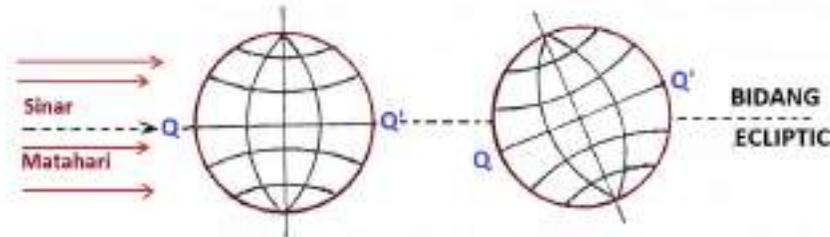


Credit: Silvester

Gambar 7: Ilustrasi kedudukan zawal Matahari sepanjang tahun.

a. *Ecliptica*

Ecliptica adalah lingkaran besar bulatan angkasa dimana Bumi berputar mengelilingi Matahari. Dinamakan demikian karena Bulan harus berada dalam lingkaran tersebut, atau berdekatan dengannya selama dalam satu putaran. *Ecliptica* merupakan bidang datar hayalan melalui bagian tengah Bumi sehingga dengan demikian sebagian dari Bumi berada diatas bidang dan sebagian yang lain berada di bawah bidang *ecliptica*. Bilamana sumbu bumi tegak lurus pada bidang *ecliptica*, maka sinar Matahari akan berada terus menerus mengarah ke katulistiwa bumi, dan kita tidak akan mengalami bahwa Matahari bergerak ke arah Utara atau Selatan dalam satu tahun serta malam dan siang yang tidak sama (Edward, 1987).



Credit: Silvester

Gambar 8: Ilustrasi sinar Matahari mengarah ke bidang *Ecliptica* bumi
Keterangan: Q-Q': garis jajar katulistiwa

Poros Bumi membuat sudut yang besarnya $23\frac{1}{2}^{\circ}$ terhadap bidang *ecliptica*. Sumbuahnya menunjuk ke arah yang tetap di angkasa dan arahnya hampir berimpit dengan arah bintang kutub atau Polaris. Kita lihat posisi bumi pada tanggal 21 Juni yang terlihat bahwa bagian utara dari katulistiwa bumi akan mencapai titik Utaranya yang paling besar dalam peredaran harian maya, seperti terlihat dari bumi (perhatikan gambar 7). Zawal maksimum adalah $23\frac{1}{2}^{\circ}$ Utara dan disini sebagai busur dari Matahari terhadap katulistiwa.

Bagian Utara Bumi seperti terlihat pada gambar 7 mengarah ke Matahari, dan akan menerima lebih banyak sinar dan panas dari pada bagian Selatan Bumi. Musim panas (*summer*) akan dialami di belahan Bumi Utara dengan lebih banyak siang dari pada malam, dibandingkan dengan belahan Bumi Selatan. Bumi bergerak terus dan menyebabkan

Matahari bergerak ke arah Selatan dan akan sampai di posisi berikut pada tanggal 23 September. Posisi tersebut dinamakan *Libra*. Untuk seorang penilik melihat keluar dari titik pusat Bumi akan melihat bahwa Matahari akan berada di satu bidang dengan katulistiwa dan zawal menjadi 0° dan di seluruh dunia Matahari akan terbit pada pkl. 06.00 pagi dan terbenam pada pkl. 06.00 sore. Dengan demikian siang dan malam sama sehingga posisi tersebut dinamakan Bumi berada posisi *Equinox* (sama).

Matahari berada di garis balik *Capricorn* atau Selatan pada tanggal 22 Desember dan zawalnya adalah maximum Selatan (lihat gambar 7). Belahan bumi Utara berpaling dari Matahari dan belahan Bumi Selatan ke arah Matahari. Pada belahan bumi Selatan adalah musim panas dan belahan Bumi Utara adalah musim dingin dengan waktu terang lebih panjang di belahan Bumi Selatan dan waktu terang yang pendek di belahan Bumi Utara.

b. *Vernal Equinox dan Autumn Equinox*

Tiga bulan kemudian pada bulan Maret tanggal 21, Matahari memasuki titik *Aries* dan Matahari berada dalam satu garis dengan Katulistiwa. Zawal matahari pada saat itu adalah 0° serta waktu terang dan gelap sama lagi di seluruh dunia. Posisi Bumi disini dinamakan *Vernal Equinox* untuk membedakan dengan *Autumnal Equinox* pada bulan September tanggal 23. Pada tanggal 21 Maret di daerah Katulistiwa saat Matahari rembang atas, bayangan benda jatuh tegak lurus menyatu dengan benda tersebut, yang biasa disebut “hari tanpa bayangan”

Akhirnya sesudah 12 bulan, Bumi sudah sampai lagi ke titik permulaan dan selama ini telah berputar mengelilingi Matahari dan berjalan di alam semesta sejauh 578 juta mil dengan kecepatan $18\frac{1}{3}$ mil per detik dan berputar pada sumbuhnya sebanyak 365 kali. Matahari tidak berada tepat di tengah dari perjalanan Bumi sehingga jarak kita terhadap Matahari berubah-ubah dalam peredarannya. Jarak yang terpendek adalah $90\frac{1}{2}$ juta mil dan Bumi dinyatakan berada di *Perihelion* yaitu di tempat yang terdekat dengan Matahari, dan ini terjadi pada tanggal 1 Januari. Jarak yang terjauh dari Matahari yaitu $93\frac{1}{2}$ juta mil, ini terjadi pada tanggal 4 Juli, dimana Bumi dikatakan berada pada *Aphelion* merupakan titik terjauh Matahari. Akibatnya Matahari terlihat lebih besar bilamana Bumi mendekati *Perihelion* dan lebih kecil bilamana mendekati *Aphelion*, karena merupakan titik terjauh Matahari. Oleh karena itu diameter Matahari berubah sedikit dari bulan ke bulan. Bila kita lihat di Almanak Nautika maka *Semi Diameter* (SD) Matahari terbesar di bulan Desember yaitu $16,3'$ dan terkecil di bulan Juli yaitu $15,8'$.

c. *Summer and Winter Solstices*

Solstices adalah dua titik di *ecliptica* dimana zawal Matahari mencapai titik maksimum di Utara dan di Selatan yaitu pada lintang $23\frac{1}{2}^\circ$, dinamakan demikian karena Matahari tampak “sampai” di titik tersebut lalu berhenti kemudian bergerak balik dari Selatan ke Utara atau dari Utara ke Selatan. *Summer Solstice* terjadi pada tanggal 21 Juni di lintang $23\frac{1}{2}^\circ$ U lalu balik ke Selatan dan *Winter Solstice* terjadi pada tanggal 22 Desember di lintang $23\frac{1}{2}^\circ$ S lalu balik ke Utara (Himadri, 1992).

6. Siang dan Malam (*Day and Night*)

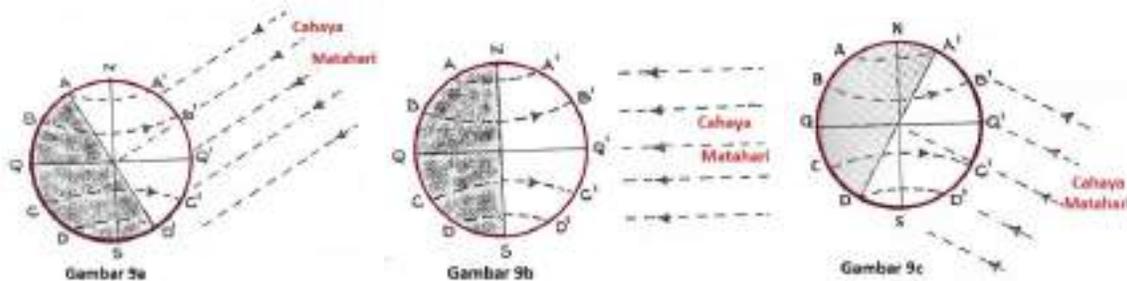
Tidak semua siang dan malam disebabkan oleh perubahan zawal Matahari. Separuh dari bagian Bumi yang menghadap Matahari menerima cahaya Matahari, sedangkan bagian yang lain gelap. Pada gambar 10 terlihat 4 jajar lintang istimewa dari Bumi yaitu jajar Lintang Kutub Utara (*Arctic Circle*), jajar Lintang Balik Mengkara/Balik Utara (*Tropic of Cancer*),

jajar Lintang Balik Jadayat/Balik Selatan (*Tropic of Capricorn*) dan jajar Lintang Kutub Selatan (*Antarctic Circle*).

Beberapa jajar istimewa dapat dilihat pada gambar 10.

- 1) Lingkaran balik Mengkara (*Tropic of Cancer*), ialah jajar pada $23\frac{1}{2}^{\circ}$ U
- 2) Lingkaran balik Jadayat (*Tropic of Capricorn*), ialah jajar pada $23\frac{1}{2}^{\circ}$ S
- 3) Lingkaran Kutub Utara (*Arctic Circle*), ialah jajar pada $66\frac{1}{2}^{\circ}$ U
- 4) Lingkaran Kutub Selatan (*Antarctic Circle*), ialah pada jajar $66\frac{1}{2}^{\circ}$ S

Disebabkan peredaran Bumi maka tiap jajar lingkaran membuat putaran pada sumbu di kutubnya dalam 24 jam, sehingga dalam 12 jam seorang penilik dapat bergerak dari A ke A', B ke B', C ke C' dan D ke D' (lihat gambar 9a, b, c). Bagian yang terang di gambar 9a, 9b, 9c adalah bagian bumi yang kena sinar Matahari, sedangkan bagian gelap adalah petang hari. Pada gambar 9a. adalah keadaan pada tanggal 21 Juni atau pada **solstises** musim panas (*Summer Solstice*) (lihat juga gambar 7).



Credit: Silvester

Gambar 9: a, b, c: Ilustrasi keadaan zawal Matahari sekitar jajar-jajar istimewa.

Keterangan : gambar 9a menunjukkan bahwa zawal matahari berada pada belahan bumi bagian utara dengan zawal pada jajar yang tertinggi yaitu pada lintang $23\frac{1}{2}^{\circ}$ U sehingga sebagian besar belahan bumi bagian utara mendapat sinar matahari; gambar 9b menunjukkan bahwa zawal matahari berada di jajar di sekitar katulistiwa, sehingga sebagian besar sekitar katulistiwa mendapatkan sinar matahari; gambar 9c menunjukkan bahwa zawal matahari berada pada belahan bumi bagian selatan dengan zawal pada jajar yang tertinggi yaitu pada lintang $23\frac{1}{2}^{\circ}$ S sehingga sebagian besar belahan bumi bagian selatan mendapat sinar matahari.

Pada saat Zawal Matahari di belahan utara katulistiwa. Terlihat bahwa hari lebih lama terangnya di belahan Bumi Utara dari pada belahan Bumi Selatan. Juga bahwa pada lingkaran kutub Utara (AA') Matahari tidak terbenam dan di Kutub Selatan (DD') tidak terbit Matahari karena jarak dari Matahari pada derajat busur B'D' adalah 90° , ini sama dengan siang dan malam pada Katulistiwa. Pada lingkaran Lintang Balik Mengkara (*Tropic of Cancer*) ($23\frac{1}{2}^{\circ}$ U) Matahari berada di puncaknya dan akan melewati titik Zenith dari semua penilik di jajar BB'.

Pada saat Zawal Matahari ada di sekitar katulistiwa yang memperlihatkan Matahari pada titik-titik **equinox** yaitu pada tanggal 21 Maret dan 23 September dimana zawal Matahari = 0° . Lamanya siang dan malam adalah sama di seluruh dunia. Matahari terbit pada jam 06.00 pagi dan terbenam pada jam 18.00 sore hari.

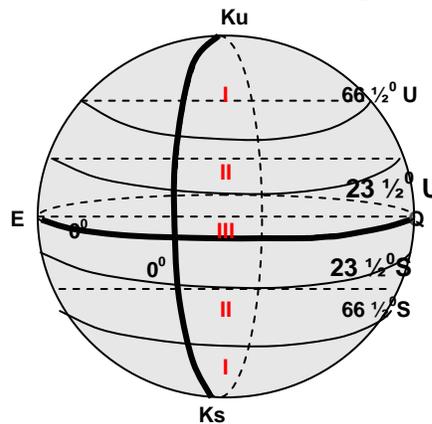
Pada saat Zawal Matahari di belahan bumi selatan katulistiwa. Memperlihatkan Matahari pada **solstises** musim dingin (*Winter Solstice*) yaitu pada tanggal 22 Desember. Untuk penilik yang berada di lintang jajar kutub Utara (*Arctic Circle*) sebagai derajat jarak dari Matahari (A'C') adalah 90° , dan dalam lingkaran Lintang Kutub Selatan (*Antarctic Circle*), Matahari berada di atas cakrawala sepanjang hari. Pada Katulistiwa seperti biasanya siang dan malam adalah sama. Matahari pada saat ini tampak di puncak pada lingkaran Lintang Balik Jadayat (*Tropic of*

Capricorn) yaitu pada lintang $23\frac{1}{2}^{\circ}$ S dan akan melewati titik *Zenith* pada semua tempat di lintang tersebut.

7. Daerah Iklim

Lingkaran-lingkaran jajar tersebut (pada gambar 10) membagi permukaan bumi menjadi lima bagian yang disebut daerah iklim. Keterangan gambar 10:

- Daerah Iklim Dingin (I) : terletak pada tiap setengah bulatan bumi pada sisi kutub dari lingkaran kutub
- Daerah iklim Sedang (II) : terletak pada tiap setengah bulatan; (sub tropik) antara lingkaran balik dan lingkaran kutub
- Daerah iklim Panas (III) : terletak antara kedua lingkaran balik



Credit: Silvester

Gambar 10 : Beberapa jajar istimewa pada bumi

8. Musim-musim di belahan bumi

Dalam edaran tahunannya mengelilingi Matahari, bumi mengorbit sepanjang ekliptika yang membuat sudut $23\frac{1}{2}^{\circ}$ terhadap katulistiwa. Dengan demikian maka zawal Mataharipun akan berubah-ubah. Nilai zawal Matahari berkisar antara $23\frac{1}{2}^{\circ}$ U dan $23\frac{1}{2}^{\circ}$ S. Perubahan zawal Matahari inilah yang menyebabkan terjadinya berbagai musim di bumi. Perubahan zawal Matahari sebagai berikut :

Tanggal	Zawal
21 Maret	0°
21 Juni	$23\frac{1}{2}^{\circ}$
22 Sept	0°
21 Des	$23\frac{1}{2}^{\circ}$

Tanggal 21 Juni siang hari lebih panjang dari pada malam hari dan Matahari berembang tinggi di angkasa. Akibatnya terjadi musim panas. Sebaliknya pada tanggal 21 Desember siang hari lebih pendek dari pada malam hari dimana tinggi Matahari di angkasa kecil saja, terjadilah musim dingin.

Musim di sebelah bumi utara dibagi sebagai berikut :

Tanggal 21 Maret (21/3) s/d tanggal 21 Juni (21/6) musim semi (*Spring*)

Tanggal 21 Juni (21/6) s/d tanggal 22 September (22/9) musim panas (*Summer*)

Tanggal 22 September (22/9) s/d tanggal 21 Desember (21/12) musim gugur atau rontok (*Autum*)

Tanggal 21 Desember (21/12) s/d 21 Maret (21/3) musim dingin atau salju (*Winter*)

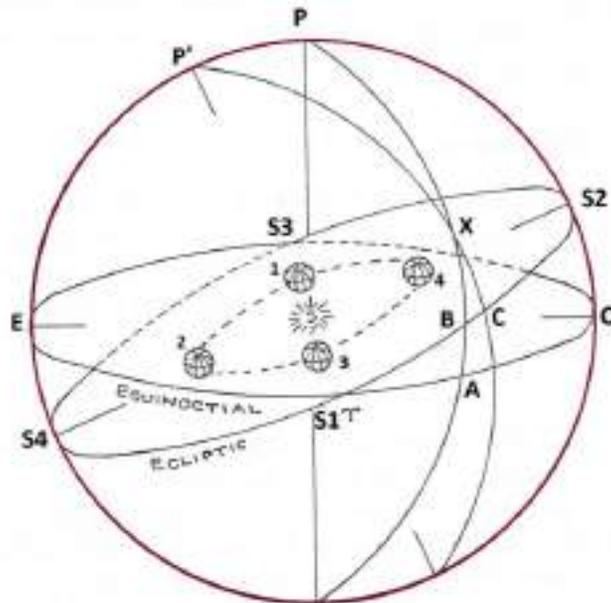
Di belahan bumi selatan, keadaan sebaliknya yaitu :

Tanggal 21 Maret (21/3) s/d tanggal 21 Juni (21/6) musim gugur atau rontok (*Autum*)

Tanggal 21 Juni (21/6) s/d Tanggal 22 September (22/9) musim dingin atau salju (*Winter*)
 Tanggal 22 September (22/9) s/d tanggal 21 Desember (21/12) musim semi (*Spring*)
 Tanggal 21 Desember (21/12) s/d 21 Maret (21/3) musim panas (*Summer*)

9. Pergerakan asli dan pergerakan maya benda angkasa

Perubahan posisi dari suatu benda angkasa karena pergerakannya sendiri dinamakan pergerakan asli dari benda angkasa itu. Bumi dan planet-planet yang bergerak mengelilingi Matahari adalah contoh dari pergerakan asli. Pergerakan maya sebaliknya kelihatan bahwa benda angkasa itu bergerak bilamana dilihat dari mata si penilik, namun hal itu disebabkan karena penilik itu sendiri yang berubah posisinya dan bukan karena benda angkasa itu sendiri. Pergerakan Matahari di dalam zawalnya yang berubah adalah pergerakan maya buan karena matahari bergerak naik-turun, tetapi disebabkan karena dilihat oleh penilik dari berbagai posisi karena penilik ikut dalam peredaran Bumi mengelilingi Matahari. Namun demikian akan lebih praktis bilamana dikatakan bahwa Matahari bergerak ke arah Utara atau Selatan, sama dengan bila dikatakan bahwa Matahari terbit di bagian Timur dan terbenam di Barat. Semuanya itu dapat disebutkan pergerakan harian maya Matahari. Juga sama terjadinya dengan pergerakan maya benda-benda angkasa lainnya di langit. Pergerakan maya terjadi karena penilik berubah kedudukannya terhadap benda-benda angkasa yang jauh letaknya.



Credit: Silvester

Gambar 11. Ilustrasi Bumi beredar mengelilingi Matahari.

Keterangan: S = matahari, P = titik poros lingkaran astronomis, P' = titik poros bujur astronomis Aries, angka 1,2,3 dan 4 = garis edar bumi mengelilingi matahari, lingkaran ES3QS1 merupakan bidang katulistiwa astronomi, dan lingkaran S1S2S3S4 merupakan bidang *Ecliptica*. Titik A = titik potong lingkaran katulistiwa dan bujur astronomis, titik B = titik potong lingkaran bujur astronomis dan *ecliptica*, titik C = titik potong *ecliptica* dan bujur astronomis Aries. titik X = letak sebuah bintang yang diamati, γ = letak Aries.

Pada saat Bumi berada di posisi (1), maka Matahari seolah-olah berada di ruang angkasa di titik S1, berada satu garis dengan titik *Aries* (γ) pada waktu *Vernal Equinox* yaitu pada bulan Maret tanggal 21, dengan perkiraan S.H.A = 0° dan zawal = 0°. Pada saat bumi berada di posisi

(2), maka Matahari berada di *ecliptica* pada arah S2, di **summer solstice** atau musim panas yaitu pada 21 Juni dengan perkiraan S.H.A. = 270° dan zawal 23½° U. Pada saat Bumi berada di posisi (3), maka Matahari kelihatan di S3 di arah titik **Libra** yang terletak di titik potong bidang *ecliptica* dan katulistiwa Bumi, pada bulan September tanggal 22 di **equinox autumn** atau musim gugur, perkiraan S.H.A = 180° dan zawal 0°. Pada saat bumi berada di posisi (4), maka Matahari kelihatan di S4, **winter solstice** atau solstises musim dingin pada bulan Desember tanggal 22. Perkiraan S.H.A. = 90° dan zawal 23½° S. Jadi Matahari berganti-ganti S.H.A (*Sidereal Hour Angle*) dan zawalnya disebabkan pergerakan maya sepanjang lingkaran *ecliptica*, dan peredaran Bumi mengelilingi Matahari pada bidang datar lingkaran *ecliptica* dengan kemiringan 23½° terhadap bidang datar katulistiwa.

Dalam ilustrasi gambar 11 diatas, jika X adalah sebuah bintang pada derajat angkasa PXA, maka: αA = busur rambat lurus (*Right Ascension* disingkat *R.A*) dan $\alpha ES3QA$ = S.H.A

AX = zawal

αC = bujur astronomis

CX = lintang astronomis

Dapat dikatakan bahwa nilai-nilai diatas hanya mengalami perubahan sedikit saja karena letak bintang-bintang hampir tidak mengalami perubahan di angkasa.

Catatan: Hubungan antara S.H.A dan rambat lurus (***Right Ascension* =R.A.**) adalah kaitan dengan arah Sudut Jam Barat (SHA). Kesimpulannya S.H.A. diukur ke arah barat dari Titik Aries (α) dan R.A diukur ke arah timur dari titik Aries (α). S.H.A. = 360° – R.A.

a. Presesi

Presesi disebabkan karena kutub angkasa dari Bumi berputar dalam lingkaran kecil mengelilingi kutub *ecliptica* yang mengarah tetap di angkasa. Dalam kemiringan demikian kutub angkasa Utara dari Bumi menunjuk tepat ke bintang Polaris pada tahun 1950. Pada waktu itu letak Polaris tepat diatas kutub Bumi Utara yaitu pada titik kutub langit Utara. Karena Bumi berputar maka sumbu Bumi atau langit bergerak seperti goyangan gasing mengelilingi sumbu *ecliptica*.

Kecepatannya pelan sekali, sehingga menyebabkan titik Aries bergerak dengan perlahan sekali ke arah Barat melalui *ecliptica* dengan kecepatan rata-rata 50” dalam setahun. Angka ini yang disebut **presesi**. Untuk membuat lingkaran kecil ini diperlukan waktu 26.000 tahun.

Dalam perhitungannya sebagai berikut : $\frac{360^\circ \times 60' \times 60''}{50''} = 25920$ tahun

Akibat dari **presesi** ini, maka dari bintang-bintang bujur-bujur astronominya berubah tiap tahun, sedangkan lintang astronominya tetap. Hal ini juga menyebabkan perubahan sedikit dalam S.H.A dan zawal dari bintang-bintang. Juga kelihatan bahwa beberapa bintang kelihatan mendekati kutub angkasa sedangkan beberapa bintang lagi menjauhinya. Kira-kira 3000 tahun yang lalu kutub langit tidak terletak pada bintang Polaris tetapi ada bintang **Alpha-Draconis** (*á Draconis*). Sekarangpun bintang Polaris berada 1½° dari kutub langit dan akan mendekati lagi sampai ½° untuk kemudian hari menjauhi lagi. Jadi proses ini ialah goyangan sumbu Bumi mengelilingi sumbu *ecliptica* dengan arah positif dalam periode 26.000 tahun.

b. Tahun kabisat (leap year)

Dalam tahun kabisat Bumi menghabiskan waktu untuk mengelilingi Matahari secara lengkap selama 365¼ hari, bukan 365 hari sebagaimana dalam tahun sipil. Kalender sipil membedakannya dengan ¼ bagian waktu dalam sehari atau selama 6 jam dari kalender astronomi dalam setiap pergantian tahun. Dengan demikian dalam waktu 4 tahun terdapat 1 hari untuk melengkapi hari sisa yang dihitung secara astronomi. Karena itu terdapat 1 hari

ekstra yang ditambahkan dalam bulan Februari terhitung sebagai tahun kabisat setiap 4 tahun sekali.

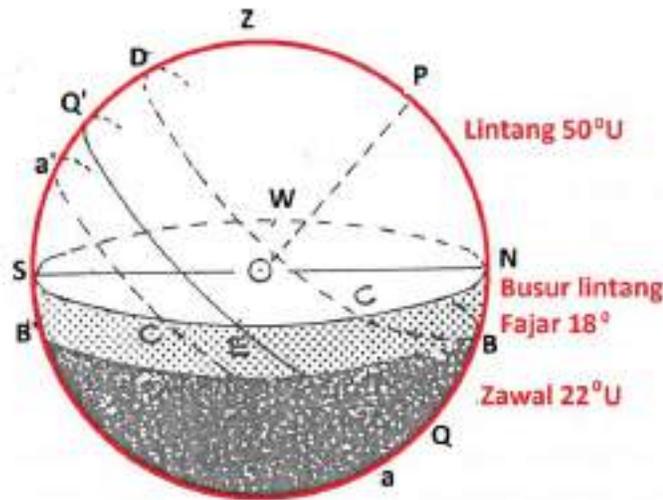
c. Gerakan relatif pada planet

Planet-planet ukuran kecil melakukan putaran yang lengkap mengelilingi Matahari dalam kurun waktu yang lebih pendek dari bumi. Contohnya Venus mencapai waktu 224 hari. Putaran dari planet-planet yang besar mencapai periode waktu yang lebih panjang yaitu Mars 1,88 kali dari tahun bumi, Jupiter 11,86 tahun, dan Saturnus 29,46 tahun.

S.H.A Matahari berkurang secara cepat dari 360° pada Aries melalui 180° ke 0° (lihat kembali table 1).

d. Waktu Fajar atau Twilight

Waktu fajar disebabkan oleh refraksi dan refleksi dari sinar Matahari. Bila Matahari tenggelam di cakrawala, maka cahayanya akan menerangi bagian atas dari tepi cakrawala dan akan menerangi terus sampai matahari tenggelam atau berada 18° dibawah tepi langit. Namun akan ada fajar terus menerus bilamana kita berada di tempat dimana lintang tempat itu ditambah zawal dari matahari lebih dari 72° (Richard R.B., 1990).



Credit: Silvester

Gambar 12 : Ilustrasi pengaruh dari fajar.

Keterangan: Titik O = titik pusat bumi, Z = zenith, P = titik kutub, QEQ' = bidang katulistiwa, Busur NP = tinggi kutub diatas cakrawala, busur NQ = 90° - lintang, lingkaran NESW = cakrawala, busur NB dan SB' = lingkaran keliling busur fajar.

Ilustrasi gambar 12 memperlihatkan kejadian fajar senja secara astronomi. Titik O adalah titik pusat Bumi. NESW adalah cakrawala atau kaki langit. Titik Z adalah zenith dan P adalah kutub. QQ' adalah katulistiwa. NP adalah tinggi kutub diatas kaki langit dan sama dengan asumsi lintang 50° U dalam ilustrasi. NQ = 90° - lintang. NB dan SB' adalah lingkaran keliling busur fajar 18° bilamana Matahari berada di bawahnya akan menjelang petang secara total (menjelang malam), sedangkan fajar masih ada di atasnya (Richard R.B., 1990).

Umpama Matahari berada pada lingkaran abcd, bila zawalnya Selatan. Pada posisi a, Matahari berada di derajat bawah penilik dan penilik mengalami gelap sampai Matahari mencapai b dimana gelap menjadi fajar setelah Matahari berjalan dari b ke c. Akhirnya menjadi terang setelah Matahari timbul di c, namun hari terang lebih pendek dari pada waktu gelapnya. Bilamana Matahari mempunyai zawal Utara, umpama 22° U seperti yang digambarkan oleh

busur QB, B adalah kedudukan Matahari pada tengah malam pada jarak yang terjauh dari cakrawala, sehingga busur NB = 18°. Pada lintang 50° U tidak terjadi kegelapan yang sempurna disebabkan lintang 50° + busur fajar 18° + zawal 22° U = 90°. Dalam hal ini maka fajar akan berlangsung terus sampai Matahari mulai timbul di C sehingga busur CD merupakan waktu dimana Matahari berada di atas cakrawala- waktu yang lebih lama terang dari pada waktu gelap. Di lintang yang tinggi, maka busur naiknya matahari membuat sudut yang tegak lurus pada cakrawala, oleh sebab itu maka fajar di daerah tropis lebih pendek dari pada fajar di lintang-lintang yang lebih tinggi.

Test Formatif 1 :

Setelah anda membaca kegiatan belajar 1, bacalah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini, kemudian berikan jawaban sesuai dengan pemahaman yang benar:

Pilihan Ganda (jawablah dengan memberi tanda silang pada pilihan jawaban yang benar)

- Sistem tata surya terdiri planet-planet yang jumlahnya sebanyak:

A. 7	B. 8
C. 6	D. 9
- Planet yang paling dekat dengan Matahari adalah:

A. Venus	B. Bumi
C. Merkurius	D. Mars
- Planet yang berada dekat dengan Bumi adalah:

A. Mars dan Jupiter	B. Jupiter dan Saturnus
C. Mars dan Venus	D. Mars dan Merkurius
- Planet yang letaknya paling luar dan paling jauh dari matahari dalam sistem tata surya adalah:

A. Makemake	B. Uranus
C. Neptunus	D. Saturnus
- Waktu orbit Bumi mengelilingi Matahari lamanya:

A. 224,7 hari	B. 365,26 hari
C. 87,97 hari	D. 687 hari
- Periode waktu satu bulan sinodik diperlukan selama:

A. 27½ hari	B. 30 hari
C. 29½ hari	D. 31 hari
- Posisi Bulan dan Matahari berada pada sisi yang sama dari Bumi, disebut:

A. Oposisi	B. Konyungsi
C. Bulan purnama	D. Kuarter
- Pada saat bulan purnama dimana Bulan kelihatan bulat penuh, maka posisi bulan pada saat itu adalah:

A. Oposisi	B. Kuarter
C. Konyungsi	D. Perigee
- Pada saat gerhana Bulan, dimana Bulan menjadi gelap sekali, ini menunjukkan posisi Bulan berada di:

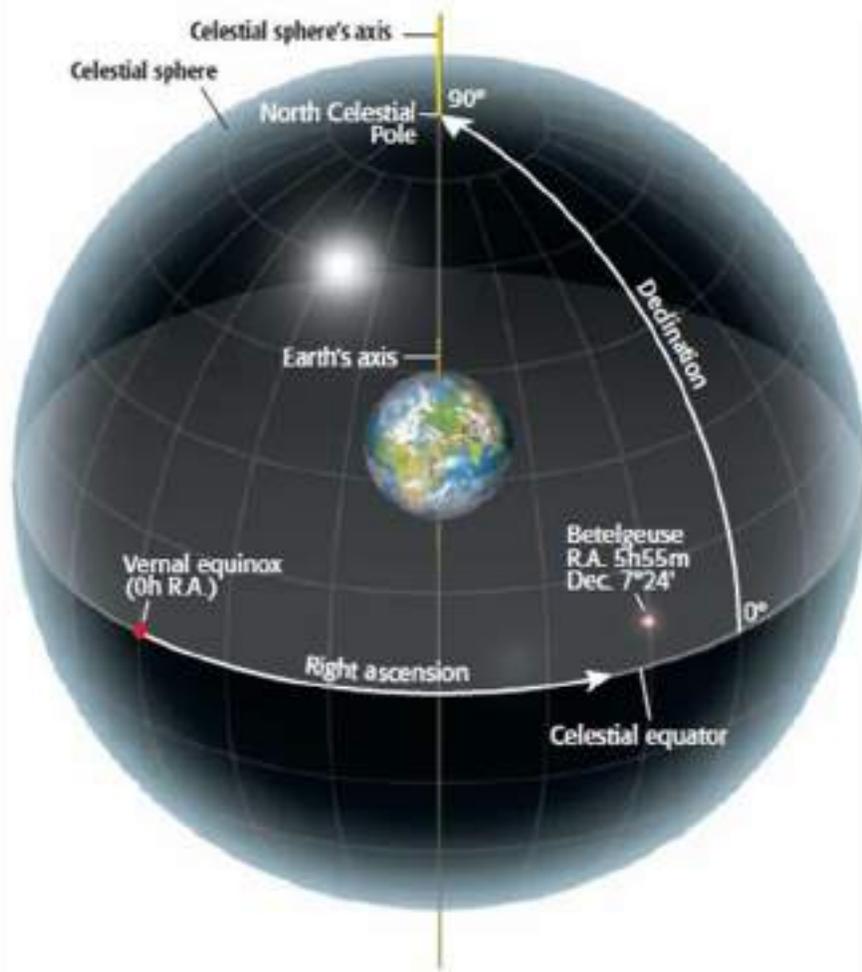
A. Kuarter	B. Apogee
C. Penumbra	D. Umbra

10. Pada saat gerhana Bulan dimana Bulan tidak kelihatan sama sekali, ini menunjukkan bulan berada di posisi:
- A. Penumbra
B. Kwartar
C. Umbra
D. Oposisi
11. Pada saat gerhana Matahari, bila bayangan dari Bulan cukup panjang untuk sampai di Bumi, maka disebut:
- A. Gerhana total
B. Gerhana cincin
C. Gerhana sebagian
D. Bulan baru
12. Zawal Matahari maksimum pada $23\frac{1}{2}^{\circ}$ U terjadi pada tanggal:
- A. 23 September
B. 21 Juni
C. 21 Maret
D. 22 Desember
13. Zawal Matahari maksimum pada $23\frac{1}{2}^{\circ}$ S terjadi pada tanggal:
- A. 23 September
B. 21 Juni
C. 21 Maret
D. 22 Desember
14. Terang hari terpendek, terjadi pada tanggal:
- A. 23 September
B. 21 Juni
C. 21 Maret
D. 22 Desember
15. Pada tanggal 21 Maret, zawal Matahari sama dengan:
- A. $23\frac{1}{2}^{\circ}$
B. 0°
C. $66\frac{1}{2}^{\circ}$
D. 90°
16. Terang hari terpanjang, terjadi pada tanggal:
- A. 23 September
B. 21 Juni
C. 21 Maret
D. 22 Desember
17. Pada tanggal 21 Maret matahari memasuki titik Aries dan zawal matahari = 0° serta waktu terang dan gelap sama lagi di seluruh dunia, posisi bumi pada saat ini disebut:
- A. Vernal equinox
B. Autumnal equinox
C. Perihelion
D. Aphelion
18. Lingkaran Balik Mengkara (Tropic of Cancer) terletak pada jajar di lintang:
- A. $23\frac{1}{2}^{\circ}$ S
B. $23\frac{1}{2}^{\circ}$ U
C. $66\frac{1}{2}^{\circ}$ U
D. $66\frac{1}{2}^{\circ}$ S
19. Lingkaran kutub Selatan (Tropic of Capricorn) terletak pada jajar di lintang:
- A. $23\frac{1}{2}^{\circ}$ S
B. $23\frac{1}{2}^{\circ}$ U
C. $66\frac{1}{2}^{\circ}$ U
D. $66\frac{1}{2}^{\circ}$ S
20. Lingkaran Antarctic Circle terletak pada jajar di lintang:
- A. $23\frac{1}{2}^{\circ}$ S
B. $23\frac{1}{2}^{\circ}$ U
C. $66\frac{1}{2}^{\circ}$ U
D. $66\frac{1}{2}^{\circ}$ S
21. Musim semi (Spring) di belahan bumi Utara terjadi pada tanggal:
- A. 21 Maret s/d 21 Juni
B. 21 Juni s/d 22 September
C. 21 Desember s/d 21 Maret
D. 22 September s/d 21 Desember
22. Musim panas (summer) di belahan bumi Utara terjadi pada tanggal:
- A. 21 Maret s/d 21 Juni
B. 21 Juni s/d 22 September
C. 21 Desember s/d 21 Maret
D. 22 September s/d 21 Desember
23. Musim dingin (Winter) di belahan bumi Selatan terjadi pada tanggal:
- A. 21 Maret s/d 21 Juni
B. 21 Juni s/d 22 September
C. 21 Desember s/d 21 Maret
D. 22 September s/d 21 Desember
24. Waktu fajar disebabkan oleh refraksi dan refleksi dari:

- A. Bulan B. Bintang C. Matahari D. Asteroid
25. Refraksi akan berkurang bila tinggi benda angkasa
- A. Tetap B. Bertambah C. Minimum D. Berkurang

BAB II

TATA KOORDINAT ANGKASA DAN SUDUT JAM BENDA ANGKASA



Credit: <https://dhoniblog.wordpress.com/2012/11/11/sistem-koordinat-langit/>

Tata koordinat angkasa dan Sudut Jam Benda Angkasa

1. Sistem Navigasi Astronomi:

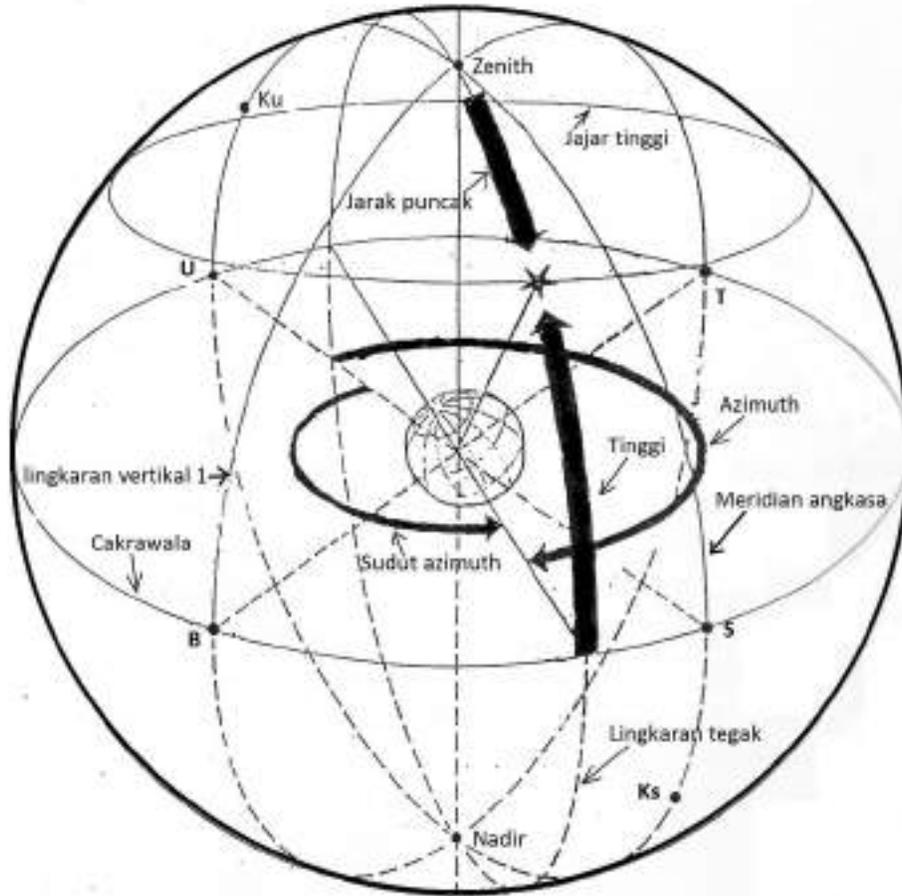
Navigasi astronomi adalah suatu system penentuan posisi kapal melalui observasi benda angkasa seperti matahari, bulan, bintang dan planet-planet (sayarat). Instrumen navigasi yang digunakan adalah *sextant*, *chronometer*, dan kompas dengan perhitungan tabel-tabel serta almanak nautika.

2. Definisi terkait dengan bulatan angkasa

Menurut Martopo (1992), koordinat benda-benda angkasa pada bulatan angkasa dapat ditentukan dengan 3 (tiga) tata koordinat yaitu: (1) tata koordinat horizon dengan argumentasi azimuth dan tinggi benda angkasa; (2) tata koordinat katulistiwa dengan argumentasi sudut jam barat (*LHA = Local hour angle*) dan zawal benda angkasa; (3) tata koordinat ekliptika dengan argumentasi lintang astronomis dan bujur astronomis benda angkasa. Beberapa definisi terkait dengan tata koordinat angkasa adalah sebagai berikut:

- a) Bulatan angkasa adalah sebuah bulatan dimana planet bumi sebagai pusat, dengan radius tertentu dan semua benda angkasa diproyeksikan padanya.
- b) Katulistiwa angkasa adalah sebuah lingkaran besar di angkasa yang tegak lurus terhadap poros kutub utara dan kutub selatan angkasa.
- c) Meridian angkasa adalah lingkaran tegak yang melalui titik utara dan titik selatan.
- d) Lingkaran deklinasi adalah sebuah busur yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan angkasa melalui benda angkasa tersebut.
- e) Deklinasi (zawal) benda angkasa adalah sebagian busur lingkaran deklinasi, dihitung dari katulistiwa angkasa ke arah utara atau selatan hingga benda angkasa tersebut.
- f) Azimut benda angkasa adalah sebagian busur cakrawala, dihitung dari titik utara atau selatan sesuai lintang pengamat, ke arah barat atau timur sampai ke lingkaran tegak yang melalui benda angkasa, diluar dari 0° sampai 180° .
- g) Rambat lurus adalah sebagian busur katulistiwa angkasa, dihitung dari titik Aries ke arah berlawanan dengan gerak harian maya, sampai ke titik kaki benda angkasa.
- h) Titik Aries adalah sebuah titik tetap di katulistiwa angkasa, dimana matahari berada pada tanggal 21 Maret.
- i) Lingkaran vertikal pertama adalah lingkaran yang menghubungkan zenith dan nadir melalui titik timur dan barat.
- j) Lintang astronomis adalah sebagian busur lingkaran lintang astronomis benda angkasa, dihitung dari ekliptika hingga sampai ke benda angkasa.
- k) Bujur astronomis adalah sebagian busur lingkaran ekliptika, dihitung dari titik Aries dengan arah yang sama terhadap peredaran tahunan matahari, sampai pada titik proyeksi benda angkasa di ekliptika.
- l) *Greenwich Hour Angle (GHA)* atau sudut jam barat *Greenwich*, adalah sebagian busur katulistiwa angkasa diukur dari meridian angkasa *Greenwich* ke arah Barat sampai meridian angkasa yang melalui benda angkasa, dihitung dari 0° sampai 360° .
- m) *Local Hour Angle (LHA)* atau sudut jam barat setempat, adalah sebagian busur katulistiwa angkasa diukur dari meridian angkasa pengamat ke arah Barat sampai meridian yang melalui benda angkasa, dihitung dari 0° sampai 360° .

- n) *Siderial Hour Angle (SHA)* atau sudut jam barat benda angkasa adalah sebagian busur katulistiwa angkasa diukur dari titik Aries ke arah barat, sampai meridian yang melalui benda angkasa, dihitung dari 0° sampai 360° .



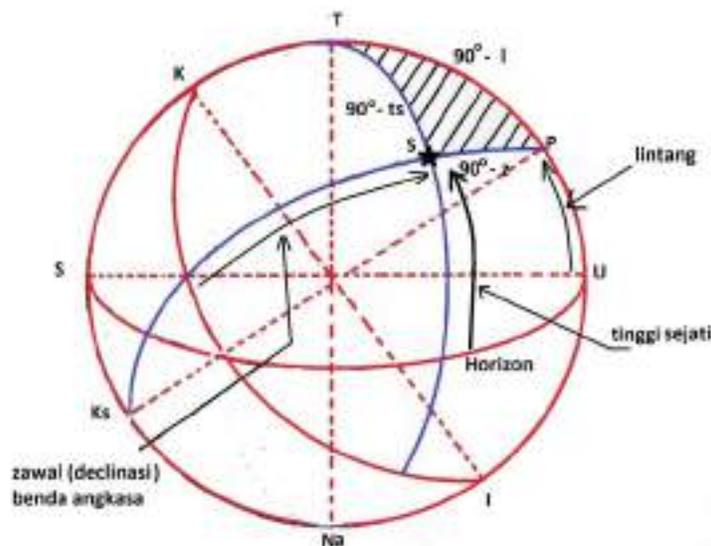
Credit: Silvester

Gambar 13 : Bulatan angkasa dan koordinat angkasa dari sebuah bintang. Terlihat pengukuran busur azimuth dan tinggi bintang diatas cakrawala (*horizon*)

Keterangan gambar 13: U = Utara, S = Selatan, T = Timur, B = Barat; Ku = Kutub Utara, Ks = Kutub Selatan, Zenith = titik di angkasa yang berada persis diatas pengamat, Nadir = titik yang paling rendah dari bulatan cakrawala yang terletak tepat di bawah kaki pengamat.

3. Segitiga Paralaks

- Segitiga paralaks adalah segitiga bola di angkasa yang memiliki titik-titik sudut sebagai berikut :
 - P adalah kutub yang terletak di atas cakrawala
 - T adalah titik puncak si pengamat
 - S adalah benda angkasa
- Unsur-unsur segitiga paralaks dari sudut-sudut dan sisi-sisinya dinotasikan sebagai berikut :
 - sisi-sisinya terdiri dari sisi $PT = 90^\circ - l$; sisi $PS = 90^\circ - z$ (merupakan jarak kutub); dan sisi $TS = 90^\circ - ts$ (merupakan jarak puncak).
 - Sudut-sudutnya terdiri dari sudut P (kutub angkasa) merupakan sudut jam; sudut T (*zenith*) merupakan *azimuth*; dan sudut S (benda angkasa) merupakan sudut paralaks.



Credit: Silvester

Gambar 14 : Sebuah segitiga bola di angkasa

Keterangan gambar 14 : titik puncak pengamat atau *zenith* (T), kutub diatas cakrawala atau kutub angkasa (P) dan benda angkasa (S) sebagai titik sudut dan sisi-sisinya PT ($90^\circ - l$);

PS ($90^\circ - z$) dan sisi TS ($90^\circ - ts$)

Segitiga paralaks merupakan dasar yang dipakai untuk menghitung *azimuth* benda angkasa dan menghitung titik tinggi/lintang/bujur. Rumus perhitungan titik tinggi menggunakan dasar posisi duga untuk mendapatkan tinggi hitung (th), yang dijabarkan selisihnya dengan tinggi sejati (ts) dari benda angkasa yang diukur tingginya dengan menggunakan sextant. Rumus ini ditemukan oleh *Commander Adolphe Laurent Anatole de Blonde de Saint Hilaire* (Soebekti (1983).

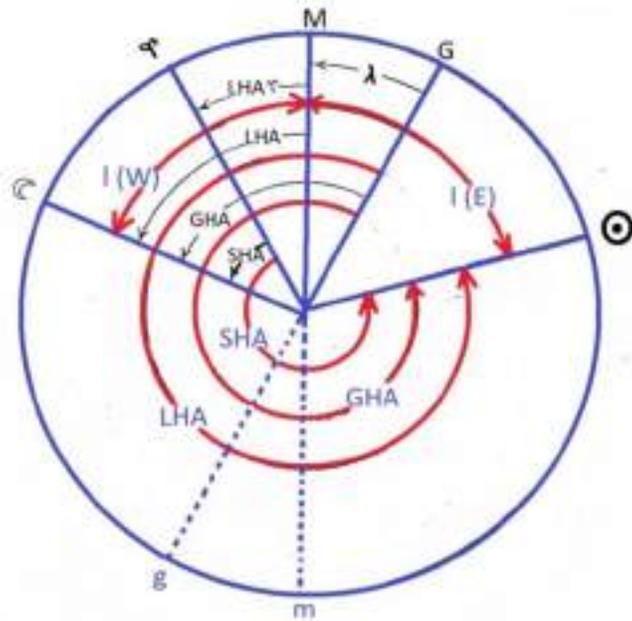
Rumus dasarnya :

$$\sin th = \cos (l \pm z) - \cos l \times \cos z \sin V P$$

Keterangan: Sin th = sinus tinggi hitung, l = lintang, z = zawal, cos = cosinus, P = Jarak puncak, Sin V P = Sinus versus P

4. Penentuan Sudut Jam (*Local Hour Angle=GHA*) Matahari

Koordinat-koordinat ini menjadi istilah baku yang dipakai dalam navigasi astronomi, baik dalam penggunaan tabel-tabel, diagram maupun dalam almanak nautika. Lukisan bulatan angkasa yang ada pada gambar 14 diatas berlaku bagi pengamat yang berada di lintang utara (karena kutub Utara angkasa berada diatas titik utara) (Soebekti, H.R., 1979).



Credit: Silvester

Gambar 15 : Diagram Sudut Jam Barat,

Keterangan : G = Meridian Greenwich, M = Meridian, LHA = Local Hour Angle, GHA = Greenwich Hour Angle, SHA = Siderial Hour Angle, $l(W)$ = longitude West (bujur barat), $l(E)$ = longitude East (bujur timur), \odot = simbol dibaca Matahari atau bintang/planet, γ = simbol dibaca Aries, \oplus = simbol dibaca bulan

Dari diagram diatas dapat dijabarkan ke dalam rumus untuk matahari, bulan, planet/sayarat dan bintang, sebagai berikut:

- $LHA \odot = GHA \odot \pm$ Bujur Timur/Bujur Barat
- $LHA \oplus = GHA \oplus \pm$ Bujur Timur/Bujur Barat
- $LHA \otimes = GHA \otimes \pm$ Bujur Timur/Bujur Barat
- $LHA * = GHA \gamma + SHA * \pm$ Bujur Timur/Bujur Barat

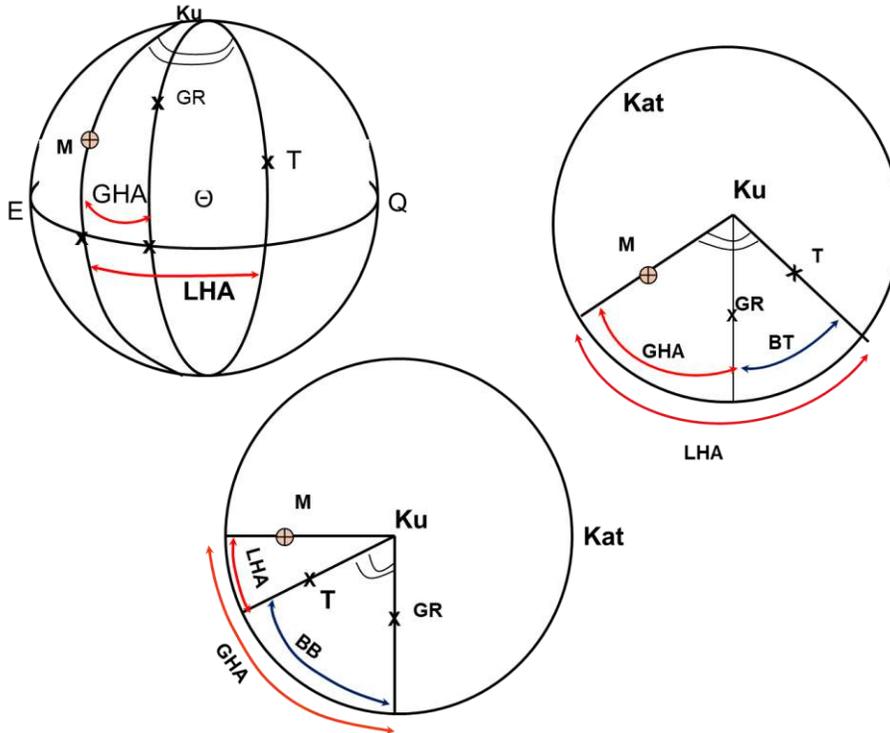
Dalam pengamatan bintang digunakan titik Aries (γ) sebagai titik tetap dan $SHA *$ dihitung dari titik tersebut karena perubahan $SHA *$ tersebut tidak terlalu besar. Data bintang (*) di almanac nautika hanya dicantumkan nilai SHA dan deklinasi setiap 3 (tiga) hari. Planet atau sayarat yang dipakai dalam navigasi astronomi ada 4 (empat) yaitu Venus, Mars, Jupiter dan Saturnus.

Karena dalam almanac nautika nilai GHA diberikan dalam derajat, maka bujur dari derajat yang bersangkutan dapat segera diterapkan untuk mendapat LHA dalam suatu derajat. Bilamana jumlah derajat lebih kecil dari 180° , maka sudut jam adalah barat dan bila nilai antara 180° dan 360° maka sudut jam menjadi sudut jam timur dengan mengurangkan jumlah nilai yang didapat dari 360° . Nilai yang lebih besar dari 360° akan dikurangi dahulu dengan 360° .

5. Rumus Dasar LHA (Local Hor Angle)

- a. Rumus dasar untuk mencari LHA matahari, bulan, sayarat dan Aries, perlu diulangi lagi yaitu sebagai berikut:

$$LHA = GHA \pm \frac{\text{Bujur Timur}}{\text{Bujur Barat}}$$



Credit: Silvester

Gambar 16: Ilustrasi irisan sudut jam barat, dan sudut jam Greenwich untuk matahari.

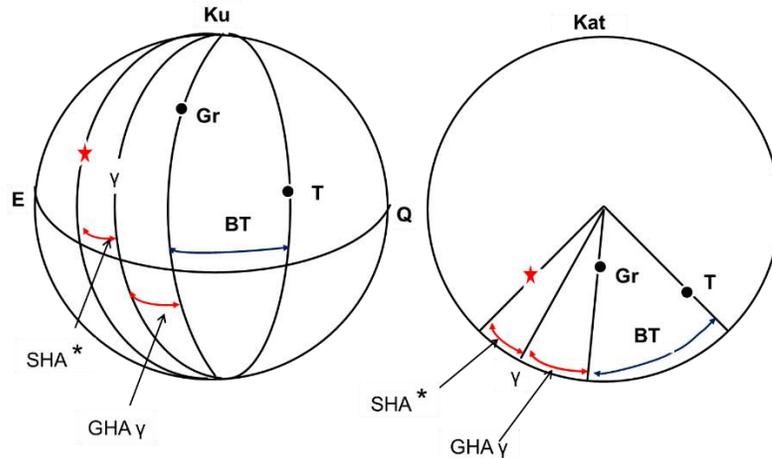
Keterangan: Ku = Kutub Utara; GR = Greenwich; M = matahari; T = pengamat; EQ/Kat = katulistiwa; BB = Bujur barat; BT = Bujur timur; $LHA_{\odot} = GHA_{\odot} + BT$; $LHA_{\odot} = GHA_{\odot} - BB$ (\odot = baca matahari)

- b. Untuk bintang-bintang

$$LHA^* = GHA_{\gamma} + SHA^* \pm \frac{\text{Bujur Timur}}{\text{Bujur Barat}}$$

Untuk menghitung sudut jam barat bintang diperlukan sebuah titik tetap yaitu γ (Aries). Sudut Jam Barat = sebagian busur katulistiwa angkasa dihitung dari titik Aries searah gerakan harian maya sampai titik kaki bintang.

$$SHA^* = 360^{\circ} - \text{Rambat lurus}^*$$



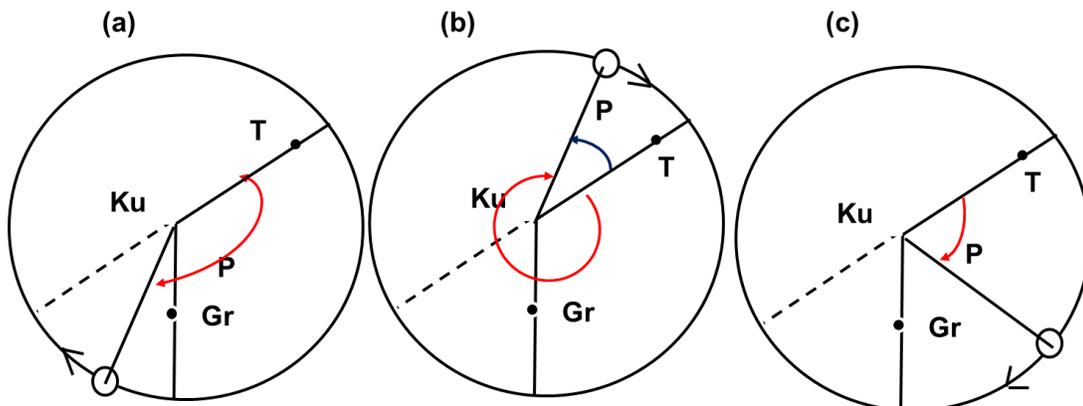
Credit: Silvester

Gambar 17: Ilustrasi irisan sudut jam barat, dan sudut jam Greenwich untuk bintang.
 Keterangan: Ku = Kutub Utara; GR = Greenwich; M = matahari; T = pengamat; γ = titik Aries, EQ/Kat = katulistiwa; BB = Bujur barat; BT = Bujur timur; $LHA^* = GHA \gamma + SHA^* + BT$, $SHA^* = Siderial Hour Angle$ sebuah bintang yaitu sudut yang diukur dari derajat Aries ke arah barat sampai ke derajat bintang yang bersangkutan. SHA ialah sebuah bilangan untuk mencari GHA dengan perantaraan $GHA \gamma$. $GHA \gamma = Greenwich Hour Angle Aries$ yaitu sudut yang diukur dari derajat Greenwich ke arah barat sampai derajat γ

c. Perhitungan sudut jam (P)

Perhitungan sudut (P) benda angkasa merupakan salah satu argument yang digunakan di dalam rumus titik tinggi. Nilai yang diperoleh dari LHA benda angkasa dengan tanda Timur atau Barat seperti contoh sebagai berikut:

Misalnya: $LHA 400^\circ B$, maka $P = 040^\circ B$ atau $LHA = 300^\circ B$, maka $P = 060^\circ T$



Credit: Silvester

Gambar 18: Ilustrasi perhitungan sudut jam barat

Keterangan: Ku = Kutub Utara; GR = Greenwich; T = pengamat; P = Sudut jam.

(a) $GHA \odot = 010^\circ BT = 100^\circ$; $LHA = 100^\circ B$; $P = 110^\circ B$

(b) $GHA \odot = 200^\circ BT = 100^\circ$; $LHA = 300^\circ B$; $P = 060^\circ T$

(c) $GHA \odot = 320^\circ BT = 100^\circ$; $LHA = 420^\circ B$; $P = 060^\circ B$

Hubungan antara LHA \odot dan P

LHA \odot antara 0° dan 180° , P = LHA \odot = Barat

LHA \odot antara 180° dan 360° , P = $360^\circ - \text{LHA } \odot$ = Timur

LHA \odot antara 360° dan 540° , P = LHA $\odot - 360^\circ$ = Barat

LHA \odot antara 540° dan 720° , P = $720^\circ - \text{LHA } \odot$ = Timur

Nilai GHA untuk tanggal dan jam GMT tertentu dapat dicari di dalam almanak nautika untuk tahun yang bersangkutan. Jam bulatnya dicari pada halaman harian dibawah kolom "sun" dan untuk menit serta detiknya dicari pada halaman *increment* juga pada kolom "sun".

Perhitungan sudut jam bintang agak berbeda dengan perhitungan sudut jam matahari. Karena jumlah bintang di langit ada sekian banyaknya, maka sebelum kita mengukur tinggi sebuah bintang, namanya harus diketahui lebih dahulu.

Salah satu cara untuk menentukan nama bintang ialah dengan melihat rasinya. Kalau dengan pengenalan rasi bintang agak sulit, nama bintang tadi dapat pula dicari dengan *star finder & identifier*. Mula-mula dihitung dahulu LHA γ , kemudian dengan mencocokkan LHA γ dan menggunakan piringan untuk lintang yang terdekat dengan lintang duga, maka dengan unsur tinggi dan *azimuth*, nama bintang tadi dapat diperoleh dengan mudah.

Contoh perhitungan sudut jam (P) untuk benda angkasa **matahari, planet dan bintang**

1. Untuk matahari

Pada tanggal 16 Januari 2017 di tempat duga $34^\circ 16' \text{U} / 175^\circ 18' \text{T}$ jam 09.00 waktu di kapal, diadakan pengamatan matahari (\odot) pada ppw = 08-12-13; ddk pengukur waktu = + 01-25-16. Hitung P matahari (\odot)

Jawab:

Waktu kapal	= 09-00-00 (16 Jan)	GHA \odot	= $132^\circ 31',7$
<u>BT (dlm waktu)</u>	= <u>11-41-12</u> -	Incr	= $9^\circ 22',3$
GMT duga	= 21-18-48 (15 Jan)	<u>Bu T</u>	= <u>$175^\circ 18',0$</u> +

Ppw	= 08-12-13	LHA \odot	= $317^\circ 12',0$
Duduk	= <u>01-25-16</u> +	P matahari (\odot)	= $042^\circ 48',0$ T
GMT	= 09-37-29		
	= 21-37-29 (15 Jan)		

2. Tentukan zawal matahari (*declinatie*) dan LHA dari matahari pada tanggal 12 Desember 2018, untuk derajat $158^\circ 12' \text{ T}$ pada GMT 12-12-34.

Penjabarannya sebagai berikut: GMT: 12-21-34 ----- 12 Des 2018

GHA = $1^\circ 33',0$ zawal = $23^\circ 06',3$ S

Incr = $5^\circ 23',5$ + d=0,2 = $0',1$

GHA = $6^\circ 56',5$ zawal = $23^\circ 06',4$ S

Bujur Timur = $158^\circ 12',0$

LHA = $165^\circ 08',5$ diperoleh dari ($158^\circ 12',0 + 6^\circ 56',5$)

3. Tentukan zawal dan LHA matahari pada tanggal 4 Agustus 2018, untuk derajat $28^\circ 39',4$ B pada GMT: 4-27-31.

Penjabarannya sebagai berikut: GMT: 04-27-31 → 4 Agust 2018
 GHA = 238° 28',1 zawal = 17° 15',7 U
Incr = 6° 52',8 d=0,7 = -0',3
 GHA = 245° 20',9 zawal = 17° 15',4 U
 Bujur Barat = 28° 39',4-
 LHA = 216° 40',5
 = 143° 19',5 diperoleh dari (360° - 216° 40',5)

4. Untuk planet/sayarat

Pada tanggal 14 Pebruari 2018, tempat duga 20° 42',0 U/1360 27',0 T, jam 23.10 ZT diadakan pengamatan planet Jupiter pada ppw 11-42-10; duduk pw = + 00-39-05.

Hitung: P planet Jupiter

Jawab:

ZT = 23-10-00 (14 Peb)

ZD = 09-00-00 -

GMT duga = 14-10-00 (14 Peb)

Ppw = 11-42-10

Duduk = 00-39-05 +

GMT = 12-21-15 (14 Peb)

GHA Jup = 94° 07',7

Incr = 5° 18',8

Bu T = 136° 27',0

V cor = + 0',8 (v = 2,3)

LHA Jup = 235° 54',3

P Jup = 124° 05',7 T

6. Penentuan Sudut Jam (Greenwich Hour Angle=GHA) Bintang.

Penentuan GHA dari bintang tidak dapat langsung dilaksanakan dari almanac nautika, karena sulit untuk membuat GHA dari tiap-tiap bintang yang akan diamati mencari GHanya seperti yang sudah dilaksanakan untuk matahari. GHA Aries (γ) adalah sudut jam barat Aries terhadap derajat *Greenwich* dan kedudukannya diberikan setiap jam GMT. Untuk menit dan detik GMT dapat dicari di halaman belakang almanac nautika di halaman "*increments and corrections*" namun perubahan setiap jamnya dari Aries tiap 15°, seperti matahari, namun 15° 02',5 per jam waktu menengah. Contoh menentukan GHA Aries

Untuk GMT: 09-12-32 tanggal 16 Juni 2018, kita peroleh GHA Aries sebagai berikut:

GHA = 39° 35',0

Incr. = 3° 08',5 +

GHA Aries = 42° 43',5 (untuk Aries biasa ditulis GHA γ)

Nilai yang dinamakan SHA (*Siderial Hour Angle*) sebetulnya adalah nilai sudut jam barat dari bintang terhadap titik Aries. *Siderial Hour Angle* dari bintang-bintang diartikan busur dari katulistiwa yang dihitung dari titik Aries sejalan dengan pergerakan harian maya sampai dengan lingkaran zawal dari bintang tersebut (perhatikan gambar 14).

Dalam halaman belakang almanak nautika, terdapat daftar dari 173 bintang serta SHA dan zawalnya. Untuk memudahkan maka terdapat juga daftar bintang-bintang yang sering dipakai untuk navigasi karena terang dan letaknya yang dapat dibaca di halaman-halaman harian dengan SHA dan zawalnya (57 bintang). Selain itu dalam halaman almanac nautika juga terdapat sebuah halaman lepas terbuat dari kertas tebal dengan nama bintang-bintang sesuai abjad. Magnitude bintang artinya terangnya bintang dan untuk bintang yang terang magnitudenya lebih kecil.

Contoh pada tahun 2018, *Sirius* magnitudenya = -1.5; *Rigel* magnitudenya = 0.1.

Contoh perhitungan sudut jam (P) untuk benda angkasa **bintang**.

1. Pada tanggal 7 Maret 2018 ditempat duga $14^{\circ} 12' S - 067^{\circ} 14' B$ pada pkl. 22-15 (ZT) diadakan pengamatan terhadap bintang BELLATRIX pada ppw = 02-57-18 duduk pada waktu itu adalah (-) 0.04.07

Hitunglah: Sudut Jam Bintang (P*) Bellatrix

Jawab:

$$\text{ZT di kpl} = 22-15-00 \quad (7 \text{ Maret})$$

$$\text{ZD} = 04-00-00$$

$$\text{GMT duga} = 02-15-00 \quad (8 \text{ Maret})$$

$$\text{ppw} = 02-57-18$$

$$\text{ddk} = \underline{(-)0-04-07} +$$

$$\text{GMT} = 02-53-11 \quad (8/3)$$

$$\text{GHA } \gamma \quad (02j) = 195^{\circ} 43',9$$

$$\text{Incr. } (53'11'') = 13^{\circ} 19',9$$

$$\text{SHA}^* = 278^{\circ} 28',6 +$$

$$\text{GHA}^* = 487^{\circ} 31',4$$

$$\text{BB} = 067^{\circ} 14',0 -$$

$$\text{LHA}^* = 420^{\circ} 17',4$$

$$\text{P}^* = 060^{\circ} 17',4 \text{ B}$$

2. Diminta LHA dan zawal dari bintang Deneb pada tanggal 12 Desember 2017, jam 01-32-18 GMT di bujur $121^{\circ} 24'$ Timur

Penjabarannya sebagai berikut:

GMT: 01-32-18 (tanggal 2 Desember 2017)

$$\text{GHA } \gamma = 95^{\circ} 55',5$$

$$\text{Incr} = 8^{\circ} 05',8$$

$$\text{SHA}^* \text{ Deneb} = 49^{\circ} 29',7 +$$

$$\text{GHA Deneb} = 153^{\circ} 31',0$$

$$\text{Bujur Timur} = 121^{\circ} 24'$$

$$\text{LHA}^* = 274^{\circ} 55',0$$

$$= 85^{\circ} 05',0 \text{ T (diperoleh dari } 360^{\circ} - 274^{\circ} 55',0)$$

7. Keseksamaan navigasi astronomi

Menurut Martopo (1992), seorang navigator di kapal harus mampu melayarkan kapalnya sampai ke tempat tujuan dengan cepat dan aman. Kecermatan perhitungan dan pengamatan ditunjang oleh kemampuan mengambil keputusan secara tepat waktu dan tepat sarana, merupakan tuntutan terhadap kemampuan seorang perwira nautika.

- a. Tingkat keseksamaan.

Dibandingkan dengan sistem navigasi yang lain, tingkat keseksamaan navigasi astronomi cukup baik khususnya jika kapal berada jauh dari daratan. Pada sistem navigasi satelit yang dimulai dari NNSS (*Navi Navigation Satellite System*) hingga GPS (*Global Positioning System*) posisi juga diperoleh secara akurat, sebagai salah satu alternatif dalam penentuan posisi kapal di laut.

- b. Pelatihan praktek
Menyadari sepenuhnya bahwa navigasi memerlukan banyak keterampilan praktik, maka pengalaman berlayar sebagai perwira kapal pelayaran samudera selama sedikitnya lima tahun mutlak diperlukan.
- c. Kemungkinan kesalahan
Dalam observasi benda angkasa pada navigasi astronomi terdapat beberapa kemungkinan kesalahan yang dapat mengakibatkan ketelitian posisi kapal berkurang.
- (1) *Systematic error*
Kesalahan yang nilai dan tandanya sama untuk setiap observasi atau mempunyai prosentase yang sama. Misalnya kesalahan pribadinavigator, kesalahan menjabarkan koreksi indeks sextant dan kesalahan pada nilai ptlm (penundukan tepi langit maya).
- (2) *Random error*
Kesalahan dengan nilai dan tanda yang berbeda untuk setiap observasi, misalnya kesalahan yang dilakukan karena pembulatan pembacaan sextant, pembulatan pembacaan chronometer dan pembulatan koreksi indeks sextant.
- (3) *Blunder*
Kesalahan cukup besar dan disebabkan oleh kekurangahlian (kemampuan teknis), misalnya salah membaca tinggi ukur sextant, salah dalam mengitung dan salah membaca waktu pada chronometer.

Test Formatif 2 :

Setelah anda membaca kegiatan belajar 2, bacalah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini, kemudian berikan jawaban sesuai dengan pemahaman yang benar :

Pilihan Ganda (jawablah dengan memberi tanda silang pada pilihan jawaban yang benar)

- Navigasi astronomi adalah suatu system penentuan posisi kapal melalui observasi benda angkasa. Benda angkasa yang dimaksud adalah:

A. Matahari, bulan, bumi, dan bintang	B. Bumi, matahari dan sayarat
C. Matahari, bulan, bintang dan sayarat	D. Matahari, bulan, bintang dan Mars
- Instrumen navigasi yang digunakan untuk observasi/pengamatan benda angkasa adalah:

A. Sextant, chronometer, kompas	B. Sextant, klinometer, kompas gasing
C. Chronometer, kompas dan anemometer	D. Jawaban A, B dan C benar
- Tabel-tabel yang digunakan dalam perhitungan navigasi astronomi, selain Almanak nautika adalah:

A. Daftar pasang surut	B. Daftar Suar
C. Daftar ilmu pelayaran	D. Daftar arus pasang surut
- Sebuah bulatan dimana planet bumi sebagai pusat, dengan radius tertentu dan semua benda angkasa diproyeksikan padanya, disebut:

A. Zawal	B. Zenith
C. Lintang astronomis	D. Bulatan angkasa
- Sebuah lingkaran besar di angkasa yang tegak lurus terhadap poros kutub utara dan kutub selatan angkasa, disebut:

A. Bulatan angkasa	B. Lingkaran deklinasi
C. Katulistiwa angkasa	D. Azimuth
- Lingkaran tegak yang melalui titik utara dan titik selatan, disebut:

- A. Azimut
C. Lingkaran deklinasi
- B. Meridian angkasa
D. Nadir
7. Sebuah busur yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan angkasa melalui benda angkasa tersebut, disebut:
A. Lingkaran deklinasi
C. Bujur astronomis
- B. Deklinasi
D. Lintang astronomis
8. Sebagian busur lingkaran deklinasi, dihitung dari katulistiwa angkasa ke arah utara atau selatan hingga benda angkasa tersebut, adalah:
A. GMT
B. SHA
C. Deklinasi
D. LHA
9. Sebagian busur cakrawala, dihitung dari titik utara atau selatan sesuai lintang pengamat, ke arah barat atau timur sampai ke lingkaran tegak yang melalui benda angkasa, diluar dari 0° sampai 180° , disebut:
A. GHA
B. Azimuth
C. Nadir
D. Zenith
10. Sebagian busur katulistiwa angkasa, dihitung dari titik aries ke arah berlawanan dengan gerak harian maya, sampai ke titik kaki benda angkasa, disebut:
A. Zenith
B. Titik Aries
C. Azimuth
D. Rambat lurus
11. Sebuah titik tetap di katulistiwa angkasa, dimana matahari berada pada tanggal 21 Maret disebut :
A. Lintang astronomis
B. Titik Aries
C. Bujur Astronomis
D. Deklinasi
12. Lingkaran yang menghubungkan zenith dan nadir melalui titik timur dan barat, disebut:
A. Lintang astronomis
C. Azimuth
- B. Lingkaran vertical pertama
D. Titik Aries
13. Sebagian busur lingkaran ekliptika, dihitung dari titik Aries dengan arah yang sama terhadap peredaran tahunan matahari, sampai pada titik proyeksi benda angkasa di ekliptika, disebut:
A. Titik Aries
B. Deklinasi
C. Bujur astronomis
D. Lintang astronomis
14. Sebagian busur katulistiwa angkasa diukur dari meridian angkasa Greenwich ke arah Barat sampai meridian angkasa yang mealui benda angkasa, dihitung dari 0° sampai 360° , disebut:
A. GHA
B. Azimuth
C. SHA
D. LHA
15. Sebagian busur katulistiwa angkasa diukur dari meridian angkasa penilik ke arah Barat sampai meridian yang melalui benda angkasa, dihitung dari 0° sampai 360° , disebut:
A. GMT
B. SHA
C. GHA
D. LHA
16. Sebagian busur katulistiwa angkasa diukur dari titik Aries ke arah barat, sampai meridian yang melalui benda angkasa, dihitung dari 0° sampai 360° , disebut:
A. LHA
B. GMT
C. SHA
D. GHA
17. Planet atau sayarat yang dipakai dalam navigasi astronomi ada 4 (empat) yaitu:
A. Venus, Mars, Jupiter dan Saturnus.
C. Venus, Mars, Uranus dan Saturnus.
- B. Venus, Mars, Jupiter dan Neptunus
D. Venus, Mars, Pluto dan Saturnus.
18. Rumus untuk mencari LHA matahari (\odot) dengan posisi kapal di bujur timur adalah:
A. $LHA \odot = GHA \odot - \text{Bujur Timur}$
C. $LHA \odot = GHA \odot + \text{Bujur Barat}$
- B. $LHA \odot = GHA \odot + \text{Bujur Timur}$
D. $LHA \odot = GHA \odot - \text{Bujur Barat}$
19. Rumus untuk mencari LHA bintang (*) dengan posisi kapal di bujur barat adalah:
A. $LHA * = GHA \gamma - SHA* + \text{Bujur Timur}$
C. $LHA \odot = GHA \gamma + SHA* + \text{Bujur Barat}$
- B. $LHA \odot = GHA \gamma + SHA* - \text{Bujur Timur}$
D. $LHA \odot = GHA \gamma + SHA* - \text{Bujur Barat}$
20. Sisi- sisi yang terdapat pada sebuah segitiga paralaks (segitiga bola angkasa) adalah:
A. $90^\circ - l$
B. $90^\circ + l$
C. $90^\circ + ts$
D. $90^\circ + z$
21. Untuk menghitung sudut jam barat bintang diperlukan sebuah titik tetap yaitu:

- A. Venus B. γ (Aries). C. SHA * D. GHA
22. Sudut yang diukur dari derajat *Greenwich* ke arah barat sampai derajat γ disebut:
 A. SHA B. GHA γ C. SHA * D. LHA
23. Untuk menit dan detik GMT dapat dicari di halaman belakang almanac nautika yaitu pada halaman:
 A. Penjelasan B. Konversi bujur ke dalam waktu
 C. Halaman harian D. increments and corrections
24. Salah membaca tinggi ukur sextant, salah dalam mengitung dan salah membaca waktu pada chronometer, disebut :
 A. Blunder B. Systematic error
 C. Random error D. Prismatic error
25. Kesalahan yang dilakukan karena pembulatan pembacaan sextant, pembulatan pembacaan chronometer dan pembulatan koreksi indeks sextant
 A. Blunder B. Systematic error
 C. Random error D. Prismatic error

BAB III

CAKRAWALA SETEMPAT, ZENIT, NADIR DAN PERBAIKAN TINGGI

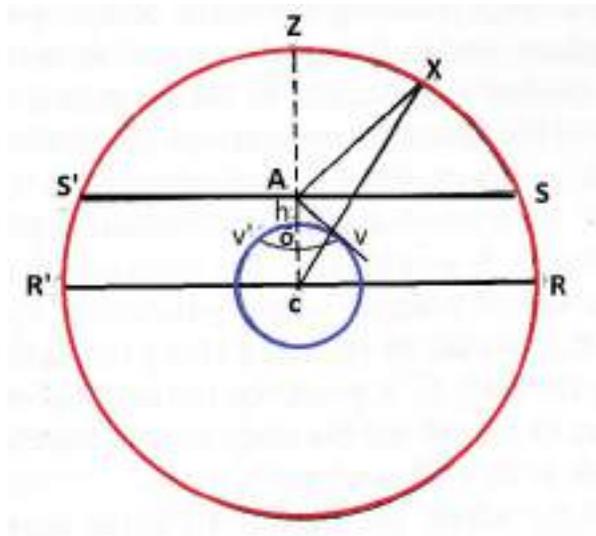


Credit: <https://pxhere.com/en/photo/1144364>

Cakrawala setempat, zenit, nadir serta perbaikan tinggi (koreksi-koreksi)

1. Definisi

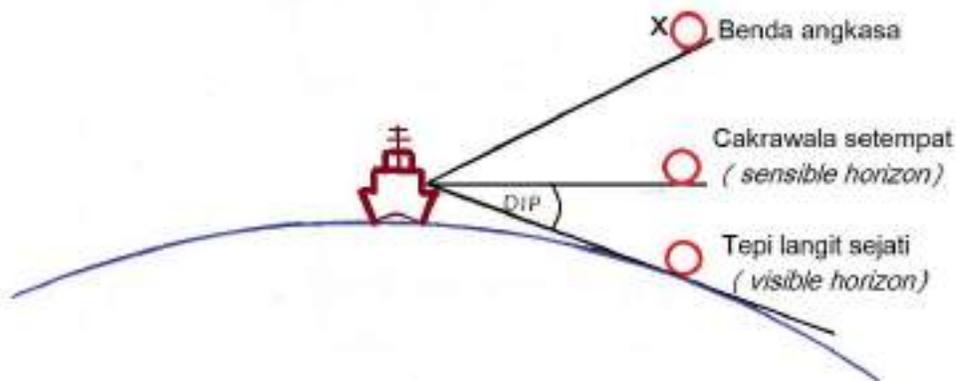
- o) Tinggi sejati (*true altitude*) adalah busur lingkaran tegak yang melalui benda angkasa, antara cakrawala sejati dan titik pusat benda angkasa. Pada gambar 19 lihat sudut XcR.
- p) Tinggi yang diukur (*observed altitude*) adalah tinggi yang dibaca pada pesawat sextant, diperbaiki dengan koreksi sertifikat, koreksi indeks dan kesalahan kaca berwarna, atau didefinisikan juga sebagai sudut antara tepi langit maya dan benda angkasa yang terlihat.
- q) Tinggi titik pusat benda angkasa (*apparent altitude*) adalah tinggi titik pusat benda angkasa jika diukur dari cakrawala sejati (cakrawala yang nampak).
- r) Tinggi ukur sextant (*sextant altitude*) adalah tinggi sudut dari sebuah benda angkasa yang ada diatas tepi langit sejati sebagaimana yang dibaca pada lembidang busur sextant sebelum dikoreksi dengan koreksi indeks (jika ada).
- s) Tepi langit sejati (*visible horizon*) adalah irisan lingkaran angkasa dengan bidang kerucut, yang dibatasi oleh garis singgung pada permukaan bumi sejauh pandangan dari mata sipengamat. Pada gambar 19 adalah tepi langit VV' yang dilihat oleh pengamat dari titik A.
- t) Tepi langit maya/semu adalah batas bagian permukaan bumi yang masih terlihat bagi si pengamat. (di laut terlihat sebagai singgungan maya dari air dan udara).
- u) Cakrawala setempat (*sensible horizon*) adalah bidang melalui mata si pengamat, sejajar dengan cakrawala sejati. Pada gambar 19 terlihat sebagai garis SAS'.
- v) Cakrawala sejati (*rational horizon*) adalah irisan angkasa dengan bidang yang melalui titik pusat angkasa, tegak lurus pada normal si pengamat. Pada gambar 19 terlihat sebagai garis RcR'.
- w) Penundukan tepi langit sejati (*dip*) adalah sudut antara arah tepi langit sejati dan cakrawala setempat (lihat gambar 20).
- x) Penundukan tepi langit maya/semu adalah sudut antara tepi langit maya dan cakrawala setempat.
- y) Tinggi mata adalah tingginya mata si pengamat di atas permukaan laut. Pada gambar 19 dilukiskan sebagai garis h.
- z) Refraksi astronomi (RA) adalah sudut antara arah dimana pengamat melihat benda angkasa dan arah dimana benda angkasa berada sebenarnya.
- aa) *Parallax horizontal* adalah sudut dimana pengamat melihat jari-jari bumi dari si pengamat melalui titik tengah benda angkasa jika benda angkasa berada pada cakrawala setempat.
- bb) *Parallax tinggi* adalah sudut yang mana pengamat melihat jari-jari bumi dari mata si pengamat melalui titik tengah benda angkasa.



Credit: Silvester

Gambar 19: Ilustrasi cakrawala dan tinggi. Keterangan: c = Titik pusat bumi; A = Pengamat; Z = Zenith; X = benda angkasa; VV' = tepi langit sejati (*visible horizon*); SAS' = Cakrawala setempat (*sensible horizon*); RcR' = Cakrawala sejati (*rational horizon*); SAV = penundukan tepi langit maya (*Dip*); h = tinggi mata; XAS = tinggi ukur; XcR = tinggi sejati (*true altitude*); AXc = paralax.

Pada gambar 19 diatas terlihat bahwa tinggi sejati benda angkasa adalah segitiga XcR , tetapi seorang pengamat yang ada di A dan tinggi h tidak dapat mengukur tinggi tersebut. Sebagai pengganti, pengamat mendapatkan segitiga XAV yang merupakan tinggi benda angkasa diatas tepi langit sejati (VV'). Inilah yang diketahui sebagai tinggi ukur dari sextant dan diperoleh tinggi sejati dari tinggi ukur ini dengan menggunakan koreksi-koreksi yang ada.



Credit: Silvester

Gambar 20: Ilustrasi penundukan tepi langit maya (*dip*). Keterangan: X dengan lingkaran merah = benda angkasa yang diamati. Lingkaran merah yang ada di tengah merupakan benda angkasa yang terlihat pada cakrawala setempat, dan lingkaran merah di bawah karena pengaruh penundukan tepi langit maya.

2. Koreksi-koreksi

Maksud perbaikan tinggi adalah menjabarkan tinggi benda angkasa yang diukur hingga menjadi tinggi pusat sejati benda angkasa.

Koreksi-koreksi yang diperlukan dalam pengukuran tinggi benda angkasa yaitu:

- a) Koreksi untuk pesawat (koreksi indeks).
- b) Koreksi untuk penundukan tepi langit maya (ptm).
- c) Koreksi untuk lengkungan sinar astronomi (Isa).
- d) Koreksi untuk paralak dalam tinggi (par).
- e) Koreksi untuk $\frac{1}{2}$ garis menengah benda angkasa ($\frac{1}{2} m$).

Catatan: Koreksi-koreksi untuk pesawat sextant akan dipelajari dalam kegiatan belajar tentang sextant.

Koreksi-koreksi ini diperlukan dengan alasan sebagai berikut:

- a) Tingginya ditentukan dengan sebuah pesawat (*sextant*) yang pada umumnya memiliki kesalahan dalam penunjukan (koreksi indeks).
- b) Sinar yang datang dari tepi langit harus menempuh jalan di lapisan terbawah dari lapisan udara (ptm = penundukan tepi langit maya).
- c) Sinar yang datang dari benda angkasa harus juga menempuh lapisan udara, sebelum tiba di mata si pengamat (lengkung sinar astronomi).
- d) Mata si pengamat tidak berada di pusat bumi, sedangkan tinggi sejati dihitung terhadap titik pusat tersebut sebagai sudut titik pusat (paralaks).
- e) Kita mengukur tinggi matahari dan bulan bukannya tinggi titik pusat, tetapi hanya tinggi tepi bawah atau tepi atasnya ($\frac{1}{2}m =$ setengah garis menengah).

3. Lengkung Sinar

Bias atau refraksi adalah perubahan arah yang dialami oleh sinar cahaya yang berpindah ke udara yang kepekatan optiknya lebih besar ataupun lebih kecil. Refraksi astronomi akan dipakai terus pada perbaikan tinggi benda-benda di langit didalam perhitungan pelayaran astronomi. Nilainya akan berubah sesuai dengan tebalnya atmosfer bumi yang juga tergantung dari suhu dan tekanan udara. Bilamana suhu turun maka udara menjadi lebih tebal, tekanan bertambah dan jarum barometer naik dan dengan demikian refraksi menjadi bertambah besar. Refraksi ini akan berkurang bilamana tinggi benda angkasa bertambah. Refraksi menjadi cepat waktu matahari terbit dan melambat waktu matahari terbenam, sehingga dengan demikian sinar masih kelihatan sedangkan matahari sendiri sudah tenggelam. Untuk lebih memperdalam memperbaiki tinggi benda angkasa, karena pengaruh refraksi astronomis dan perhitungan-perhitungan pelayaran astronomi maka sampailah ke pelajaran pokok yang dimulai dengan perbaikan tinggi.

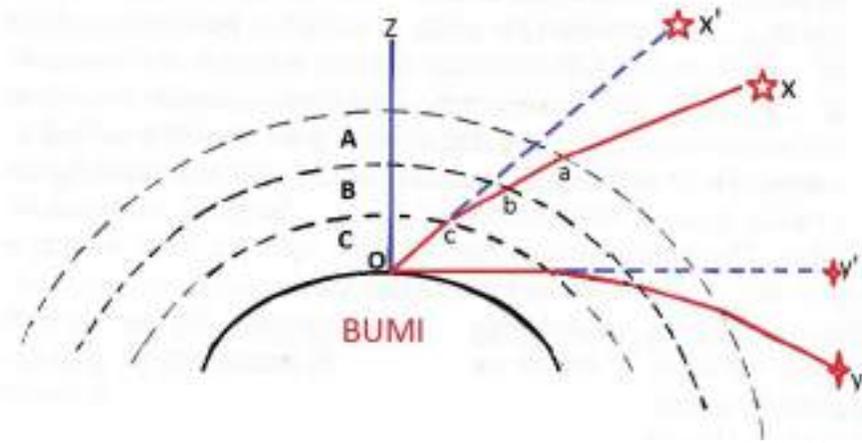
Hukum bias cahaya dari Snellius sebagai berikut:

- 1) Sinar yang datang, sinar yang dibiaskan dan normal bidang pemisah, terletak dalam satu bidang datar
- 2) Sinus sudut datang (a) dibagi oleh sinus sudut bias (b), untuk dua jenis zat perantara yang sama, merupakan suatu bilangan tetap, jadi $\frac{\sin a}{\sin b} = n$
n disebut indeks bias.

Pada perpindahan sinar cahaya dari zat yang optic kurang pekat ke zat yang optic lebih pekat, cahaya membias ke arah normal; $n > 1$. Dalam ruang hampa udara atau dalam zat perantara yang homogen, cahaya merambat menurut garis lurus.

a. Lengkungan sinar astronomi (Isa).

Lengkungan sinar astronomi (lihat gambar 21) adalah sudut antara arah kemana kita melihat benda angkasa (titik x' dan y') dan arah sebenarnya dimana ia berada (titik x dan y). Sinar cahaya benda angkasa, apabila mencapai selubung udara (atmosfir) A, B, C akan dibiaskan ke arah normal. Karena kepekatan udara bertambah secara berangsur-angsur, maka garis cahaya mengikuti sebuah garis lengkung (a, b, c) dan bukannya garis patah. Si pengamat akan melihat benda angkasa dalam arah garis singgung dari mata pada garis lengkung tersebut. Jadi kita melihat benda angkasa selalu lebih tinggi (titik x' atau y'). Nilai lengkungan sinar astronomi harus selalu dikurangkan dari tinggi yang diukur.



Credit: Silvester

Gambar 21: Refraksi astronomi (lengkungan sinar astronomi).

Keterangan: x dan y = benda angkasa sesungguhnya; x' dan y' = benda angkasa maya; O = pengamat; A, B, C = lapisan atmosfir; a, b, c = refraksi; Tanda bintang merah (x) dan (y) = letak benda angkasa sejati yang diamati/diukur ketinggiannya karena pengaruh bias pada lapisan udara. Tanda (x') dan (y') letak benda angkasa maya yang diamati dengan *sextant*.

Hal-hal yang perlu diketahui mengenai lengkungan sinar astronomi sebagai berikut:

- 1) Nilai lengkungan sinar astronomi untuk berbagai tinggi telah ditentukan secara pengamatan.
- 2) Untuk tinggi yang $> 30^\circ$ lengkungan sinar astronomi sebanding dengan $60'' \times \text{Cotg}$ tinggi. Untuk benda-benda angkasa di titik puncak (90°) lengkungan sinar astronomi = $0'$ di cakrawala = $36'$ (maks).
- 3) Lengkungan sinar astronomi tergantung dari tinggi setempat maya, suhu udara, tekanan udara.
- 4) Daftar 19 dalam Daftar Ilmu Pelayaran memberikan lengkungan sinar astronomi rata-rata, untuk suhu 10°C dan tekanan udara 1016 mb (762mm).
- 5) Daftar 20 & 21 dalam Daftar Ilmu Pelayaran memberikan koreksi yang harus dijabarkan dengan tandanya pada lengkungan sinar astronomi rata-rata, jika suhu dan tekanan udara menyimpang dari 10°C 1016mb (762mm). Koreksi-koreksi ini adalah penting, terutama untuk tinggi-tinggi yang kecil ($\leq 10^\circ$).

b. Lengkungan sinar bumiawi/l**s**b (refraksi bumiawi)

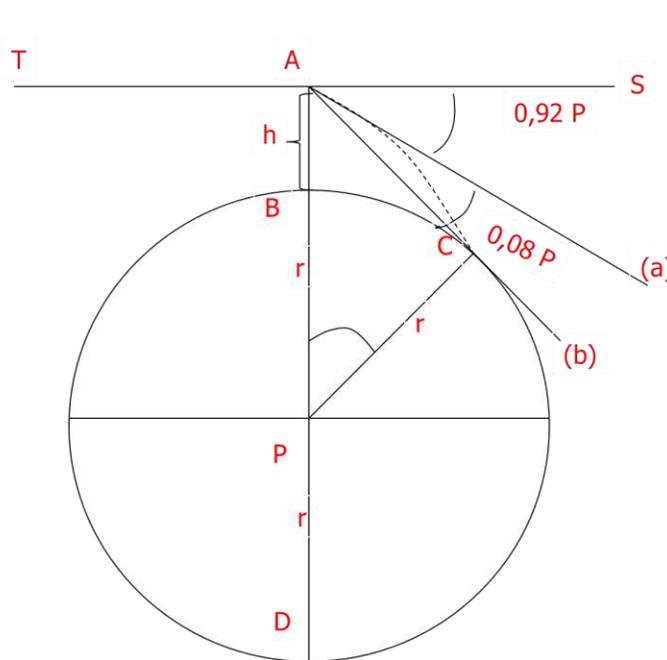
Lengkung sinar bumiawi adalah sudut antara arah kemana kita melihat benda bumi dan arah sebenarnya dimana benda tersebut berada. Refraksi bumiawi menyebabkan kita dapat

melihat titik-titik di bumi yang lebih jauh dari pada titik singgung pada bumi, garis singgung yang mana ditarik lurus dari mata pengamat. Besarnya nilai lengkung sinar bumiawi (l_{sb}) = 0,08 penundukkan tepi langit sejati (P) dan nilai penundukan tepi langit maya (p_{tm}) = 0,92 P (lihat gambar 22). Nilai 0,08 disebut koefisien refraksi bumiawi.

4. Penundukan tepi langit

Penundukan tepi langit biasa disebut juga *Dip*, terdiri atas dua jenis yaitu penundukan tepi langit sejati dan penundukan tepi langit maya. Penundukan tepi langit akan bertambah mengikuti pertambahan tinggi mata pengamat di atas permukaan laut. Dengan demikian tinggi benda angkasa akan semakin besar jika mata pengamat pada posisi yang lebih tinggi, dan oleh karena itu nilai koreksi penundukan tepi langit selalu bertambah negatif.

a. Penundukan tepi langit sejati (P)



$$AC^2 = AB \times AD$$

$$= h \times (2r + h)$$

$$AC = \sqrt{h(2r + h)}$$

$$\text{Tg } P = \frac{\sqrt{h(2r + h)}}{r}$$

h diabaikan terhadap r

$$\text{Tg } P = \frac{\sqrt{2rh}}{r^2} = \frac{\sqrt{2h}}{r}$$

Untuk sudut-sudut kecil maka,

$$\text{Tg } P = \frac{P}{1 \text{ rad}} = 57^{\circ},3$$

$$= 206265''$$

$$\text{Jadi } P = 206265'' \frac{\sqrt{2h}}{r}$$

Ket :

h = tinggi mata

r = jari-jari bumi

Credit: Silvester

Garis (a) merupakan arah tepi langit yang nampak oleh mata penilik
Garis (b) merupakan arah tepi langit sebenarnya

Gambar 22: Ilustrasi penundukan tepi langit sejati

b. Penundukan tepi langit maya (P_{tm})

Karena refraksi bumiawi, maka pada umumnya $P_{tm} < P$, dengan demikian refraksi bumiawi sebanding dengan P (rata-rata 0,08 P).

Hitungannya kita akan peroleh $P_{tm} = P - 0,08 P$

$$= 0,92 P \text{ sehingga } P_{tm} = 0,92 \times 206265'' \sqrt{2h/r}$$

$$= 106,33 \sqrt{h} = (1,77 \sqrt{h})$$

Dari daftar 18 dalam lajur pertama Daftar Ilmu Pelayaran memberikan nilai p_{tm} . Tinggi diatas cakrawala setempat selalu lebih kecil (nilai negatif) dari tinggi diatas tepi langit maya. Jadi koreksi untuk p_{tm} harus dikurangkan dari tinggi yang diukur.

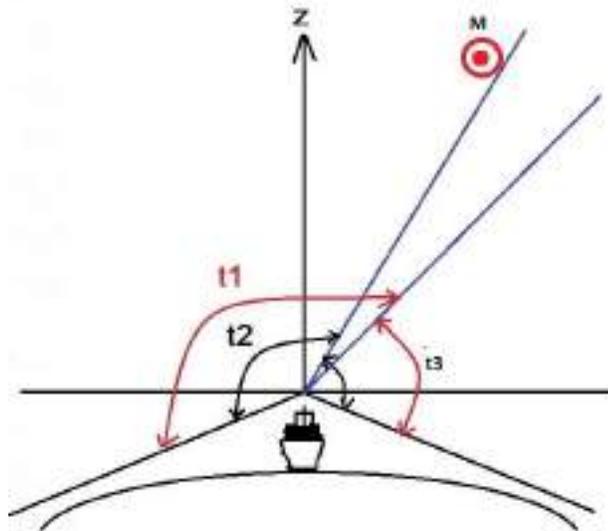
Penundukan tepi langit maya (ptm) perlu diketahui hal-hal sebagai berikut:

- Ptm tidak selalu dapat dipercaya, artinya kerap kali menyimpang dari nilai dalam daftar yang dihitung dengan $1',77 \sqrt{h}$, karena berubahnya nilai refraksi bumiawi.
- Penyimpangan tersebut dapat terjadi, jika timbul perbedaan suhu antara lapisan udara di tempat sipengamat dan air di permukaan laut.
- Pada waktu angin tenang, keadaannya dapat menjadi tidak normal sehingga terjadilah penjulangan tepi langit.
- Pada saat pengamatan dianjurkan untuk mengukur suhu udara dan suhu air di permukaan.
- Sebaiknya menentukan sendiri ptm dengan jalan pengukuran.

c. Mengukur sendiri ptm

- Dua orang pengamat dapat bersamaan mengukur tepi yang sama pada matahari, yang satu mengukur secara biasa, sedang yang lain mengukur "lewat puncak". Dalam hal ini matahari harus mempunyai tinggi paling sedikit 60° . Dengan demikian maka:

$$Ptm = \frac{(t1 + t2 - 180^\circ)}{2}$$



Credit: Silvester

Gambar 23: Ilustrasi pengukuran 2 x pada tepi matahari (t1 dan t2). Keterangan: z = zenith; M = matahari; Sudut t1 = tinggi pengukuran matahari melewati puncak; Sudut t2 = tinggi pengukuran matahari secara biasa.

Apabila kita sendiri telah mengukur ptm itu, tetapi ternyata berbeda dengan ptm yang sesuai tinggi mata dari daftar 18 (Daftar Ilmu Pelayaran), maka kita tentukan dengan daftar 18 tersebut, pada tinggi mata dimana ptm yang diukur itu selaras, maka pakailah tinggi mata ini sebagai argumen untuk daftar 5, 6 ataupun 7 (Daftar Ilmu Pelayaran).

- Pengukuran dapat menggunakan prisma penundukan tepi langit, yang dipasang pada sextant. Kita dapat mengukur sudut antara dua tepi langit yang berbeda 180°

dalam azimut. Apabila telah terlihat bahwa tepi langit yang dilihat langsung dan yang dipantulkan berganda menjadi satu garis, maka setengah dari sudut negatif yang dibaca adalah ptm-nya.

d. Ptm dengan tepi langit tak bebas.

Apabila ada daratan di muka tepi langit, maka garis batas antara daratan dan air (tepi langit tak bebas, tepi langit pantai) dapat kita gunakan untuk mengukur tinggi di atasnya. Karena tepi langit tak bebas ini lebih dekat dari pada tepi langit maya, maka penundukan tepi langit dengan tepi langit tak bebas > ptm. Daftar 18 memberikan koreksi untuk penundukan tepi langit dengan tepi langit tak bebas.

Argumentasinya bahwa jarak sampai tepi langit tak bebas, dalam mil laut dan tinggi mata.

5. Paralaks atau beda penglihatan.

a. Pengertian

Paralaks adalah perbedaan arah dimana benda yang sama terlihat dari dua titik yang berlainan. Perbedaan arah ini adalah sama dengan sudut dimana kita melihat benda tersebut pada dua titik. Ada dua jenis paralaks yaitu paralaks datar dan paralaks tinggi.

b. Sebagaimana sudah dijelaskan dalam definisi bahwa paralaks datar (*parallax horizontal* = P_o), adalah sudut dimana pengamat melihat jari-jari bumi dari si pengamat melalui titik tengah benda angkasa jika benda angkasa berada pada cakrawala setempat.

Misalkan r = jari-jari bumi dan d = jarak benda angkasa ke titik pusat bumi, maka:

$\sin P_o = \frac{R}{d}$ untuk sudut yang lebih kecil maka $\sin P_o = P_o \sin 1'$, sehingga

$$P_o = \frac{R}{d \sin 1'} \quad (\text{persamaan (I)})$$

Nilai p_o tergantung pada:

- Jarak benda angkasa ke titik pusat bumi
- Jari-jari bumi di tempat si pengamat (lintang) dan jarak berbanding terbalik satu sama lain

1) Paralaks datar katulistiwa (p_o kat.)

Paralaks datar katulistiwa (*EHP* = *Equatorial Horizontal Parallax*) adalah nilai p_o bagi si pengamat, di katulistiwa.

Karena jari-jari katulistiwa > jari-jari lainnya, maka p_o kat. > p_o .

2) Paralaks datar matahari ($\odot p_o$)

Oleh sebab eksentrisitas yang kecil ($e = 1/60$) dari edaran bumi serta jarak yang besar dari matahari ke bumi, maka diambil:

$$\odot p_o \text{ kat} = \odot p_o = 8'',80 (0'',15)$$

Keterangan:

$$\text{Jarak matahari } (\odot) \text{ ke bumi } (d) = \pm 23.500 \times r$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } \odot p_o \text{ katulistiwa.} &= \odot p_o = \frac{r}{23.500r \sin 1'} \\ &= \frac{1'}{23.500 \times 0.00029} \end{aligned}$$

$$= \frac{1'}{6.815} = 8'',80$$

3) Paralaks datar bintang-bintang (*p_o)

Nilai yang besar dari d terhadap jari-jari bumi r, maka adalah praktis (*p_o = 0).
Bintang terdekat dari bumi adalah *Alpha Century*, (p_o = 0'', 76)

4) Paralaks datar Bulan (p_o bulan)

Karena jarak yang kecil dari bulan ke bumi serta eksentrisitas yang besar (e = 1/19) dari edaran bulan, maka nilai p_o ini berubah-ubah: 61',5 – 54',0. Didalam almanak nautika diberikan nilai HP untuk setiap jam GMT.

Keterangan:

Jarak dari bulan ke bumi (d) = ± 60 x r

$$\begin{aligned} \text{jadi } P_o (\text{bulan}) &= \frac{r}{60r \sin 1'} = \frac{1}{60 \times 0,00029} = \frac{1}{0,0174} \\ &= 57',3 \text{ (praktis } = 1^\circ) \end{aligned}$$

5) Paralaks datar sayarat (p_o sayarat)

Pada pengamatan sayarat/planet hanya perlu diperhitungkan p_o sayarat/planet yang terdekat, ialah Venus dan Mars (lihat almanak Nautika, pada halaman sampul muka)

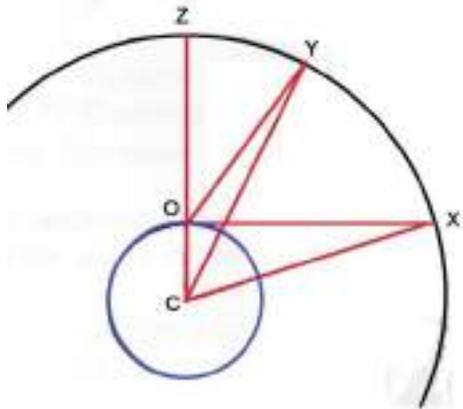
Po Venus = 0',1 – 0',5

Po Mars = 0',1 – 0',3

c. Paralaks tinggi

Menurut Martopo (1992) paralaks tinggi adalah sudut yang mana penilik melihat jari-jari bumi dari mata si pengamat melalui titik tengah benda angkasa.

Menurut Soebekti (1979), paralaks dalam tinggi adalah sudut yang menggambarkan jari-jari bumi di tempat si penilik jika terlihat dari benda angkasa yang berada di atas cakrawala setempat.



Credit: Silvester

Gambar 24: Ilustrasi paralaks tinggi

Misalkan benda angkasa adalah X, yang mana tinggi maya = 0⁰, OX = cakrawala setempat; sudut paralaks datar terdapat dalam sudut OXC. Benda angkasa tersebut bergerak ke atas (langit) sampai pada titik Y. Sudut paralaks dalam tinggi terdapat dalam sudut OYC.

$$\begin{aligned} \text{Menurut aturan Sinus: } &= \frac{\sin \text{par}}{\sin(90^\circ + t)} \\ &= \frac{\sin \times \text{par}}{\cos t} \\ &= \frac{r}{d} \\ = \text{Sin par} &= \frac{r \times \cos t'}{d} \end{aligned}$$

Untuk sudut-sudut kecil: $\sin \text{par} = p \times \sin 1'$

Sehingga $\text{par} = \frac{r' \times \cos t'}{d \times \sin 1'} \quad (\text{Persamaan II})$

Akibat dari persamaan (I) dan (II):

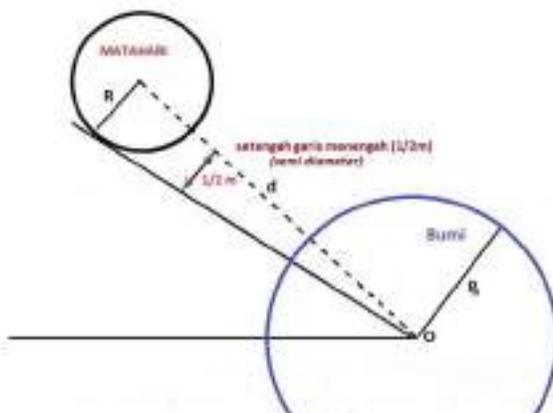
$$\text{par} = p_0 \times \cos t' \text{ atau } \text{par} = 8'' \times \cos t' \\ (t' = \text{tinggi setempat sejati})$$

Jadi nilai paralaks harus ditambahkan (+) pada tinggi diatas cakrawala setempat (C1), untuk mendapatkan tinggi diatas cakrawala sejati

6. Setengah garis menengah ($\frac{1}{2} m$)

Setengah garis menengah ($\frac{1}{2} m$) adalah sudut antara garis titik pusat bumi dan titik pusat benda angkasa dan garis singgung dari titik pusat bumi pada benda angkasa tersebut.

Setengah garis menengah ($\frac{1}{2} m$) benda angkasa tergantung dari besarnya benda angkasa, dan jarak ke benda angkasa



Credit: Silvester

Gambar 25: Ilustrasi $\frac{1}{2}$ garis menengah (semi diameter)

$$\text{Sin } \frac{1}{2} m = \frac{r}{d} \dots \dots \dots \text{Persamaan (III)}$$

Dari persamaan (I) $\text{Sin } P_0 = \frac{R}{d}$

Jadi $\text{Sin } P_0 = \text{Sin } \frac{1}{2} m$

$$= \frac{r}{d} : \frac{R}{d}$$

$$= \frac{p_o}{rad} : \frac{\frac{1}{2}m}{rad} = r : R$$

$$= P_o : \frac{1}{2} m = r : R$$

Maka p_o dan $\frac{1}{2} m$ berbanding sebagai jari-jari bumi dan jari-jari benda angkasa.

d. Nilai-nilai batas

Almanak Nautika memberikan nilai $\frac{1}{2} m$ matahari dan bulan tiap 3 (tiga) hari dengan nilai angka sebagai berikut:

- Matahari: 15,8' (15'44") pada bulan Juli (\odot di *Apogeum*) dan 16,3' (16'16") pada bulan Januari (\odot di *Perigeum*)
- Bulan berkisar antara 14,7' dan 16,7' dengan nilai rata-rata 15,7'
- Untuk sayarat tidak diberikan, karena titik sayarat (planet) dibawa pada tepi langit maya
- Untuk bintang (*) karena jarak yang besar antara bumi dan bintang (*) maka nilai $\frac{1}{2}m = 0$

e. Perbandingan nilai $\frac{1}{2}m$ dan nilai P_o

$$P_o \odot : \frac{1}{2}m \odot = \frac{r}{d \sin 1'} : \frac{R}{d \sin 1'} \quad P_o = 8,80'' \quad \frac{1}{2}m = 16'$$

$$r : R = 8.80'' : 16' = 1 : 109$$

$$P_o \text{ bulan} : \frac{1}{2}m \text{ bulan} = r : R = 57,3' : 15,1' = 11 : 3$$

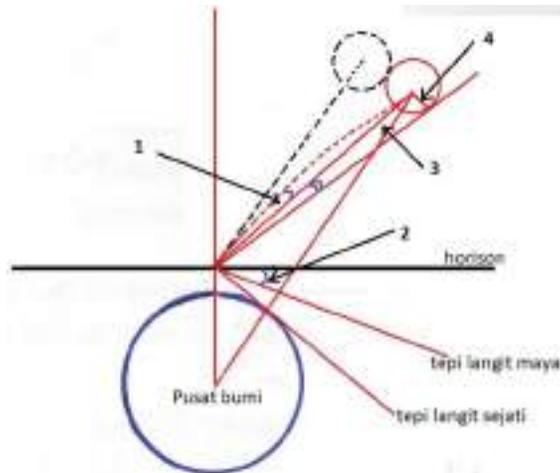
$$\text{Kesimpulan: } \frac{1}{2}m \text{ bulan} = \frac{R}{r} \times p_o \text{ atau } p_o = \frac{r}{R} \times \frac{1}{2}m$$

f. Ikhtisar perbaikan tinggi

Ikhtisar perbaikan tinggi benda angkasa dapat diringkas seperti pada table dan gambar berikut ini:

Tabel 2: Daftar koreksi saat pengukuran tinggi benda angkasa menggunakan sextant

Koreksi/perbaikan	Dimuat dalam	Ditemukan dengan	Dijabarkan
1. Koreksi Indeks (KI)	ditentukan dengan sekstan		(+) atau (-) menurut kedudukan garis nol nonius
2. Penundukan tepi langit maya (ptm)	Daftar XVIII daftar ilmu pelayaran	menggunakan tinggi mata	dikurangkan (-)
3. Lengkung sinar astronomi (Isa)	Daftar XIX daftar ilmu pelayaran	tinggi setempat	dikurangkan (-)
4. Paralaks (par)	-	-	Ditambahkan (+), 8",80 t'
5. Setengah garis menengah ($\frac{1}{2}m$)	Halaman harian almanak nautika	sesuai tanggal pengamatan	



Credit: Silvester

Gambar 26: Ikhtisar perbaikan tinggi benda angkasa

Keterangan untuk perbaikan tinggi: 1. Lengkung sinar astronomi/l_{sa} (-), 2. Penundukan tepi langit maya/ptm (-), 3. Paralaks dalam tinggi/par (+), 4. ½ garis tengah matahari /½m (+)

Catatan:

- Untuk mengukur tepi bawah matahari atau bulan, nilai ½m ditambahkan
- Untuk mengukur tepi atas matahari atau bulan, nilai ½m dikurangkan
- Untuk mengukur bintang dan sayarat, nilai ½m diabaikan
-

Penerapan perbaikan tinggi untuk pengamatan benda angkasa dapat diuraikan sebagai berikut:

a) Perbaikan tinggi untuk matahari.

Untuk pengukuran **tepi bawah** matahari ($t_u \odot$) kita menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi sejati matahari } (t_s \ominus) &= t_u \odot - \text{ptm} - l_{sa} + p_o \cos t' + \frac{1}{2}m \\ &= t_u \odot - \text{ptm} - l_{sa} + p_o \cos t' + 16' + \frac{1}{2}m - 16' \end{aligned}$$

Nilai ($\frac{1}{2}m - 16'$) merupakan koreksi tanggal, ingat nilai ½m matahari berkisar antara 15'44" sampai dengan 16'16"

Untuk pengukuran **tepi atas** matahari ($t_u \overline{\odot}$), kita menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi sejati matahari } (t_s \ominus) &= t_u \overline{\odot} - \text{ptm} - l_{sa} + p_o \cos t' - \frac{1}{2}m \\ &= t_u \overline{\odot} - \text{ptm} - l_{sa} + p_o \cos t' + 16' - \frac{1}{2}m - 16' \end{aligned}$$

Nilai ($- \frac{1}{2}m - 16'$) merupakan koreksi tanggal.

Dalam daftar V Daftar ilmu pelayaran memberikan argumentasi tinggi mata pengamat dan tinggi ukur matahari, sebagai berikut:

$$- \text{ptm} - \text{lsa} - \text{po} \cos t' + 16'$$

Rumus dalam kotak diatas memberikan nilai sebagai satu suku Daftar V sesuai dengan tanggal pengamatan.

Kesimpulan:

- (1) Tinggi ukur **tepi bawah** matahari:
Tinggi sejati matahari ($ts \ominus$) = $tu \ominus + \text{Daftar V} + \text{Koreksi tanggal}$
Nilai koreksi tanggal berkisar antara + 16'' (0,3') dan - 16'' (0,3')
- (2) Tinggi ukur **tepi atas** matahari:
Tinggi sejati matahari ($ts \ominus$) = $tu \ominus + \text{Daftar V} + \text{Koreksi tanggal}$
Nilai koreksi tanggal berkisar antara - 31'44'' (-31,7') dan - 32' 16'' (- 32,3')
- (3) Suku Daftar V terdiri dari: (-lsa - ptm + p_o cos t + 16') selalu ditambahkan pada tinggi ukur matahari
- (4) Nilai koreksi daftar V bertanda negatif jika tinggi matahari rendah sehingga nilai lsa (lengkung sinar astronomi) mendekati maksimum

Contoh perhitungan tinggi ukur matahari, sebagai berikut:

1. Pada tanggal 26 Juni 2018 diukur tepi bawah matahari = 38° 42',7 Tinggi mata 25 meter. Koreksi indeks = (+) 2'
Hitunglah tinggi sejati matahari ($Ts \ominus$)

Jawab:

$$\begin{aligned} tu \ominus &= 38^{\circ} 42',7 \\ KI &= (+) 2',0 \\ \text{Kor. Tinggi} &= (+) 6',0 \text{ (lihat daftar V)} \\ \text{Kor. Tanggal} &= (-) 0',2 \text{ (lihat daftar V)} \\ \therefore ts \ominus &= 38^{\circ} 50',5 \end{aligned}$$

2. Pada tanggal 11 Mei 2018 diukur tepi atas matahari = 45° 30',5 Tinggi mata 20 meter. Koreksi indeks = (-) 2'
Hitunglah tinggi sejati matahari ($Ts \ominus$)

Jawab:

$$\begin{aligned} tu \ominus &= 45^{\circ} 30',5 \\ KI &= (-) 2',0 \\ \text{Kor. Tinggi} &= (+) 7',2 \text{ (lihat daftar V)} \\ \text{Kor. Tanggal} &= (-) 31',8 \text{ (lihat daftar V)} \\ \therefore ts \ominus &= 45^{\circ} 03',9 \end{aligned}$$

- b) Perbaikan tinggi untuk bintang dan sayarat, kita menggunakan rumus sebagai berikut:
Rumus:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi sejati bintang } (Ts *) &= \text{tinggi ukur bintang } (tu *) - \text{ptm} - \text{lsa} + p_o \cos t + \frac{1}{2}m \\ &= tu * - \text{ptm} - \text{lsa} + 0 + 0 \\ &= tu * - (\text{ptm} + \text{lsa}) \\ &\quad \text{Sebagai suku daftar VI} \end{aligned}$$

Contoh soal:

Sebuah bintang diukur dengan sextant yang tingginya terbaca = $42^{\circ} 17',5$, tinggi mata si pengamat = 15 meter, KI = $(-)'2,0$
Hitung pusat sejati bintang (*)

Jawab:

$$Tu * = 42^{\circ} 17',5$$

$$KI = (-)' 2,0$$

$$\text{Kor. tinggi} = (-)' 7,9 + (\text{lihat daftar VI})$$

$$Ts * = 42^{\circ} 7',6$$

Catatan:

- $Ts * = tu * - (ptm + lsa) - \dots - (ptm + lsa)$ sebagai satu suku yang dapat dicari dengan argument tinggi mata dan tinggi yang diukur. Suku ini harus dikurangkan dari tu (tinggi ukur) bintang. Nilai suku ini terdapat dalam daftar VI.
- Bagi sayarat jika diberikan nilai EHP (*Equator Horizontal Parallax*) yaitu paralaks datar katulistiwa, maka nilai $p_o \cos t$ harus dijabarkan lagi menggunakan tabel VI bagian bawah dan tambahan koreksi ini harus ditambahkan.

c) Perbaiki tinggi ukur bulan ($tu \text{ C}$).

(1) Pengukuran **tepi bawah** bulan ($tu \text{ C}$), kita menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus:

$$\text{Tinggi sejati bulan (tu } \text{€} \text{)} = tu \text{ C} - ptm - lsa - p_o \cos t + \frac{1}{2}m \text{ C}$$

Sebagai suku daftar VII

Daftar VII menggunakan argument tinggi ukur bulan ($tu \text{ C}$) dan tinggi mata, nilai p_o dan $\frac{1}{2}m$ bulan diambil nilai minimum.

Catatan: P_o bulan ($p_o \text{ C}$) berkisar antara $54',0$ sampai $61', 5$

$\frac{1}{2}m$ bulan ($\frac{1}{2}m \text{ C}$) berkisar antara $14', 7$ sampai $16', 7$

Didalam Almanak Nautika diberikan nilai EHP bulan atau p_o katulistiwa bulan ($p_o \text{ kat C}$), tetapi di dalam Daftar VII untuk p_o telah diambil nilai rata-rata bagi lintang pengamat $0^{\circ} - 72^{\circ}$. Untuk nilai yang lain harus dikoreksi lagi dengan daftar VII A

Daftar VII A:

Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\triangle p_o \cos t + \triangle \frac{1}{2}m \text{ C}$$

Argumentasi yang digunakan adalah EHP C dan tinggi ukur bulan ($tu \text{ C}$), dengan rumus:

$$\triangle p_o \cos t + \triangle \frac{1}{2}m \text{ C}$$

Daftar VII

P_o bulan ($P_o \odot$) = 57',3 dan setengah garis tengah bulan ($\frac{1}{2}m \odot$) = 15',7

Jadi $P_o \odot : \frac{1}{2}m \odot = 57',3 : 15',7$

$$\frac{1}{2}m \odot = \frac{3}{11} \times P_o \odot$$

$$\Delta p_o \cos t + \frac{3}{11} \times P_o \text{ ----- } \Delta p_o (\cos t + \frac{3}{11})$$

Nalai p_o kat \odot minimum 54' dan $\Delta p_o = p_o$ Kat - 54'

(p_o kat - 54') dan $(\cos t + \frac{3}{11})$ --- sebagai argumentasi Daftar VIIA

Jadi rumusnya sebagai berikut:

$$\text{Tinggi sejati bulan (tu } \ominus) = \text{tu } \odot + \text{Daftar VII} + \text{Daftar VII A}$$

(2) Pengukuran **tepi atas** bulan (tu $\overline{\odot}$)

Rumus:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi sejati bulan (tu } \ominus) &= \text{tu } \odot - \text{ptm} - \text{lsa} + p_o \cos t - \frac{1}{2}m \odot \\ &= \text{tu } \odot - \text{ptm} - \text{lsa} + p_o \cos t + \frac{1}{2}m \odot - \frac{1}{2}m \odot - \frac{1}{2}m \odot \\ &\quad \text{Sebagai suku daftar VII dan VII A} \\ &= \text{tu } \odot + \text{Daftar VII} + \text{Daftar VIIA} - \frac{1}{2}m \odot - 2 \times \frac{1}{2}m \odot \\ &= \text{tu } \odot + \text{Daftar VII} (2 \times \frac{1}{2}m \odot - \text{Daftar VIIA}) \\ &\quad \text{Sebagai suku Daftar VIIB} \end{aligned}$$

Daftar VII B dengan argument tu \odot dan p_o kat. \odot

$$T_s \ominus = \odot + \text{Daftar VII} - \text{Daftar VII B}$$

Test Formatif 3 :

Setelah anda membaca kegiatan belajar 3, bacalah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini, kemudian berikan jawaban sesuai dengan pemahaman yang benar :

Pilihan Ganda (jawablah dengan memberi tanda silang pada pilihan jawaban yang benar)

1. Busur lingkaran tegak yang melalui benda angkasa, antara cakrawala sejati dan titik pusat benda angkasa disebut:

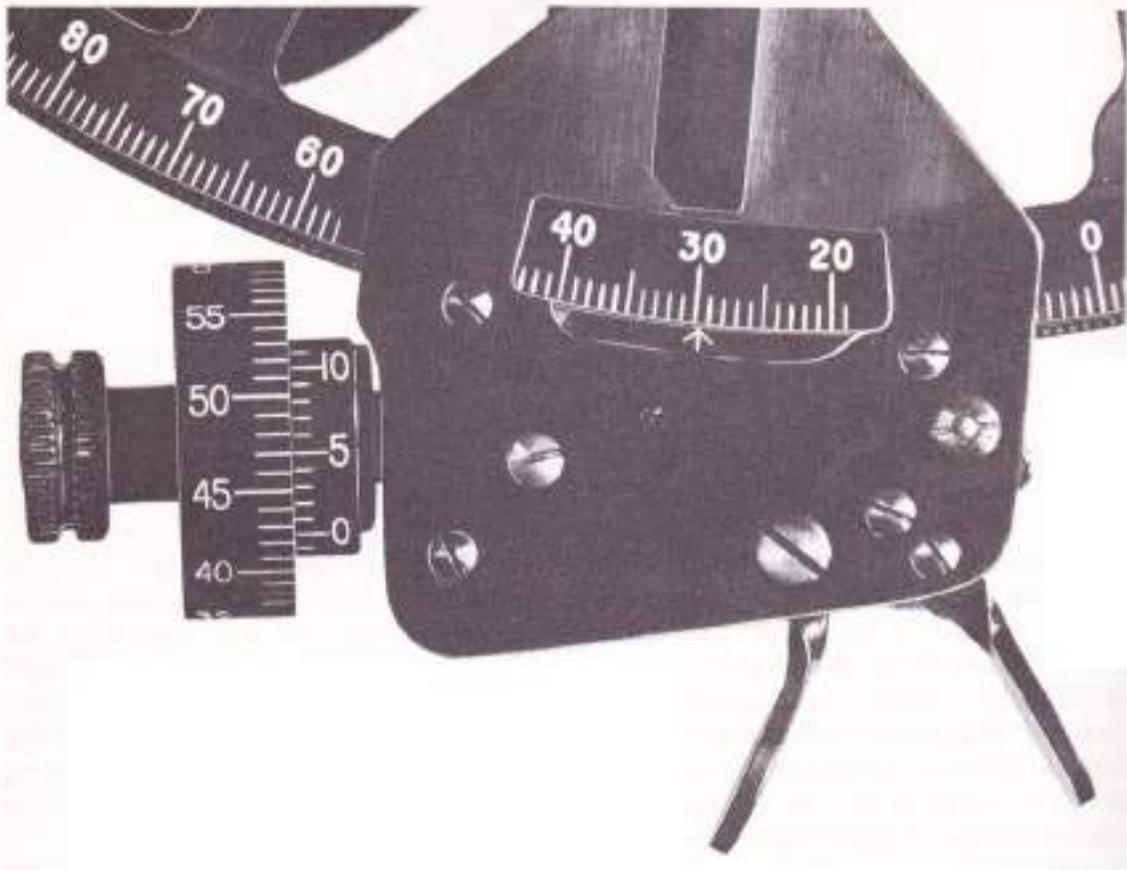
- | | |
|--|--|
| A. Tinggi yang diukur (<i>observed altitude</i>) | B. Tinggi sejati (<i>true altitude</i>) |
| C. Tinggi titik pusat benda angkasa | D. Tepi langit sejati (<i>visible horizon</i>) |

2. Tinggi yang dibaca pada pesawat sextant, diperbaiki dengan koreksi sertifikat, koreksi indeks dan kesalahan kaca berwarna, adalah:
 - A. Tinggi mata
 - B. Tinggi yang diukur (*observed altitude*)
 - C. Penundukan tepi langit maya
 - D. Tinggi yang diukur (*observed altitude*)
3. Sudut dimana pengamat melihat jari-jari bumi dari si pengamat melalui titik tengah benda angkasa jika benda angkasa berada pada cakrawala setempat, disebut:
 - A. Refraksi astronomi (RA)
 - B. Penundukan tepi langit maya
 - C. *Paralax horizontal*
 - D. Tinggi yang diukur (*observed altitude*)
4. Sudut antara arah dimana pengamat melihat benda angkasa dan arah dimana benda angkasa berada sebenarnya, disebut :
 - A. Refraksi astronomi (RA)
 - B. Tinggi yang diukur (*observed altitude*)
 - C. Tinggi mata
 - D. Bulatan angkasa
5. Tinggi titik pusat benda angkasa jika diukur dari cakrawala sejati (cakrawala yang nampak) disebut:
 - A. Nadir
 - B. Tinggi titik pusat benda angkasa (*apparent altitude*)
 - C. Katulistiwa angkasa
 - D. Azimuth
6. Tinggi sudut dari sebuah benda angkasa yang ada diatas tepi langit sejati sebagaimana yang dibaca pada lembidang busur sextant sebelum dikoreksi dengan koreksi indeks, disebut:
 - A. Tinggi ukur sextant (*sextant altitude*)
 - B. Tinggi yang diukur (*observed altitude*)
 - C. Lingkaran deklinasi
 - D. Nadir
7. Irisan lingkaran angkasa dengan bidang kerucut, yang dibatasi oleh garis singgung pada permukaan bumi sejauh pandangan dari mata sipengamat, disebut:
 - A. Lingkaran deklinasi
 - B. Paralax tinggi
 - C. Bujur astronomis
 - D. Tepi langit sejati (*visible horizon*)
8. Batas bagian permukaan bumi yang masih terlihat bagi si pengamat adalah:
 - A. GMT
 - B. *Paralax horizontal*
 - C. Tepi langit maya/semu
 - D. Penundukan tepi langit maya/semu
9. Bidang melalui mata si pengamat, sejajar dengan cakrawala sejati, disebut:
 - A. GHA
 - B. Cakrawala setempat (*sensible horizon*)
 - C. Nadir
 - D. Tepi langit maya/semu
10. Irisan angkasa dengan bidang yang melalui titik pusat angkasa, tegak lurus pada normal si pengamat., disebut:
 - A. Cakrawala sejati (*rational horizon*)
 - B. Tepi langit sejati (*visible horizon*)
 - C. Tepi langit maya/semu
 - D. Rambat lurus
11. Sudut antara arah tepi langit sejati dan cakrawala setempat, disebut:
 - A. Tepi langit maya/semu
 - B. Azimuth
 - C. Bujur Astronomis
 - D. Penundukan tepi langit sejati (*dip*)
12. Sudut antara tepi langit maya dan cakrawala setempat, disebut:
 - A. Lintang astronomis
 - B. Lingkaran vertical pertama
 - C. Penundukan tepi langit maya/semu
 - D. Titik Aries
13. Tingginya mata si pengamat di atas permukaan laut, disebut:
 - A. Cakrawala sejati
 - B. Tinggi mata
 - C. Bujur astronomis
 - D. Lintang astronomis
14. Sudut yang menggambarkan jari-jari bumi di tempat si penilik jika terlihat dari benda angkasa yang berada di atas cakrawala setempat, disebut:

- A. Paralax tinggi
C. Tinggi sejati
- B. Tinggi ukur
D. Paralax datar
15. Salah satu unsur nilai p_0 tergantung pada:
A. Nilai tinggi matahari
C. GHA
B. Jarak benda angkasa ke titik pusat bumi
D. LHA
16. Sudut antara garis titik pusat bumi dan titik pusat benda angkasa dan garis singgung dari titik pusat bumi pada benda angkasa tersebut, adalah:
A. Tinggi sejati
C. Setengah garis menengah ($\frac{1}{2}m$)
B. Jarak benda angkasa ke titik pusat bumi
D. Paralax
17. Rumus perbaikan tinggi ukur tepi bawah bulan, yang dihitung sebagai suku Daftar VII, yaitu:
A. $ptm - lsa - po \cos t + \frac{1}{2}m$ C.
C. $(ptm + lsa)$
B. $- ptm - lsa + po \cos t + \frac{1}{2}m$ C- $\frac{1}{2}m$ C - $\frac{1}{2}m$ C
D. $- ptm - lsa - po \cos t' + 16'$
18. Pada tanggal 27 Juni 2018 diukur tepi bawah matahari = $40^\circ 42',0$ Tinggi mata 20 meter, Koreksi indeks = (+) $2'$, tinggi sejati matahari (t_s ts \ominus) adalah:
A. $41^\circ 50',3$
C. $38^\circ 50',0$
B. $40^\circ 50',9$
D. $40^\circ 50',3$
19. Sebuah bintang diukur dengan sextant yang tingginya terbaca = $43^\circ 15',0$, tinggi mata pengamat = 20 meter, KI = (+) $2',0$. Tinggi pusat sejati bintang (*) adalah:
A. $43^\circ 13',8$
C. $43^\circ 26',2$
B. $43^\circ 6',5$
D. $43^\circ 7',8$
20. Koreksi tinggi untuk pengukuran tinggi bulan selalu:
A. Ditambahkan
C. Tetap
B. Dikurangkan
D. Nol

BAB IV

MENGGUNAKAN SEXTANT UNTUK MENGUKUR TINGGI BENDA ANGKASA DAN ALMANAK NAUTIKA UNTUK PERHITUNGAN



Credit: Bowditch, 1977

Menggunakan sextant untuk mengukur tinggi benda angkasa dan almanak nautika untuk perhitungan.

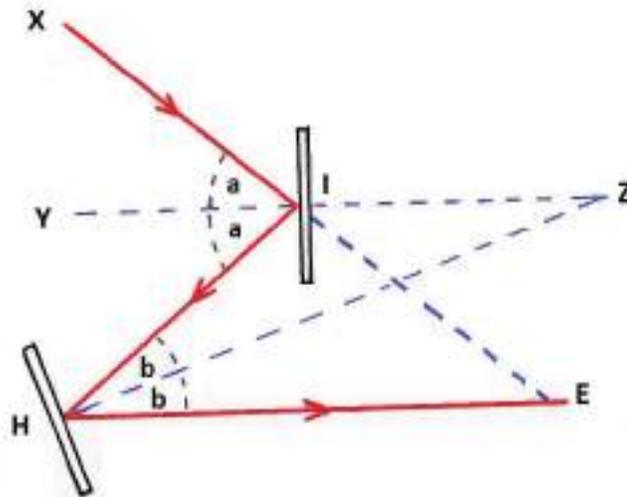
1. Prinsip kerja sextant

Sextant adalah peralatan optik yang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk mengukur tinggi benda angkasa dari permukaan bumi dan juga untuk mengukur sudut-sudut secara horisontal. Sextant merupakan bagian yang sangat penting dari peralatan navigasi. Selain sextant dipakai juga data almanac nautika untuk menghitung tinggi benda angkasa, sudut jam barat benda angkasa, zawal dan koreksi-koreksinya.

Prinsip pembuatan sextant, sextant dibuat berdasarkan atas azas “apabila seberkas cahaya dipantulkan dua kali di sebuah bidang datar yang sama oleh dua buah cermin, maka besarnya sudut yang dibuat oleh arah dari berkas yang pertama dan arah dari berkas yang kedua sama dengan dua kali besarnya sudut yang terbentuk oleh kedua cermin tersebut”.



Gambar 27: Hukum cermin disebut juga Hukum Snellius (oleh Wilebrord Snellius)



Credit: Silvester

Gambar 28: Ilustrasi hukum cermin I dan II (Hukum Snellius)

Keterangan:

I = Cermin besar (*index mirror*) tegak lurus dengan kerangka sextant.

H = Cermin kecil (*horizon mirror*) tegak lurus dengan kerangka sextant.

XI = Sinar asli yang datang dari benda angkasa.

IH = Pantulan sinar pertama (melewati cermin besar ke arah cermin kecil).

HE= Pantulan sinar kedua melalui teropong ke arah mata penilik.
 IY = garis normal ke cermin besar (tegak lurus kedudukan cermin).
 HZ= Garis normal ke cermin kecil (tegak lurus kedudukan cermin).
 Z = Posisi dimana garis normal bertemu.
 XIE = Sinar asli yng dihasilkan untuk pertemuan dua sinar pantulan di titik E.
 L YZH = sudut inclinasi antara dua buah cermin.

Tipe sextant di kapal ada 2 yaitu:

- e. *Micrometer Sextant (Sextant Tromol)* sextant mikrometer ditemukan pada tahun 1731 oleh John Hadley.
- f. *Vernier Sextant (Sextant Nonius)* kata Nonius dari kata nonus = 9) ditemukan oleh Pierre Vernier (1580 – 1637) (tidak digunakan lagi saat ini).

2. Kegunaan Sextant

Secara lengkap kegunaan sextant sebagai berikut:

- Mendapatkan tinggi ukur benda angkasa: matahari, bulan, bintang dan planet (sayarat).
- Mengukur sudut horisontal antara benda-benda datar/bumiawi yang terlihat dengan jelas, guna menentukan posisi sejati kapal (pelayaran datar).
- Mengukur sudut vertikal dari tinggi benda-benda bumiawi untuk mendapatkan jarak.
- Mengukur sudut vertikal dari tiang kapal untuk mendapatkan jarak terhadap kapal-kapal lain bila berlayar dalam konvoi (kapal perang).
- Untuk survey hidrografi.



Photo credit: Bowditch, and www.myseatetime.com

Gambar 29: Pesawat *sextant (sextant tromol)*

3. Bagian-bagian Sextant.

a) Kerangka (*Frame*).

Kerangka terbuat dari besi dan terdiri dari tiga buah lengan yang menyatu bila sextant diletakkan dalam posisi datar. Kerangka bagian atas menunjukkan permukaan alat. Bagian bawah kerangka menunjukkan bagian bawah alat. Kerangka (*frame*) yang salah satunya berbentuk busur. Pada bagian bawah kerangka dilengkapi dengan pegangan (*handle*) dan kaki-kaki. Syarat kerangka yang baik, yaitu: harus kuat tetapi ringan, dibuat dari bahan tembaga/almunium, dicat hitam (supaya tidak silau).

b) Teropong/telescope (*prismatic monocle*).

Teropong digunakan untuk memperbesar obyek pada saat pengamatan dan lebih mempermudah pengamatan. Gambar 30 dibawah ini menunjukkan sextant yang dilengkapi dengan *Erect Star Telescope* yang memiliki pembesaran 4 x dan lebar pandangan sebesar 5° .

Teropong (*telescope/kijker*) ada 2 macam, yaitu:

- Teropong panjang (teropong bintang) bayangan terbalik
- Teropong pendek (teropong Belanda) pada saat ini sextant hanya memiliki 1 teropong

Gambar 30 berikut ini, menunjukkan sextant yang sama yang dilengkapi dengan teropong *Prismatic star Monocle* yang memiliki pembesaran sebesar 6 x dan lebar pandangan sebesar $8,5^\circ$. Pembesaran lebih menguntungkan bila pengamatan dengan sextant dilakukan dengan sudut vertical/tegak pada pengukuran jarak benda pantai, misalnya suar dan bisa mendapatkan objek yang lebih jelas bila mengukur tepi bawah matahari pada waktu pengamatan. Lebar pandangan merupakan suatu yang penting bila kita coba untuk memfokuskan objek bintang, karena mendapatkan ukuran yang lebih jelas sulit diperoleh. Ada 2 macam teropong yang berbeda yaitu: *Inverting Telescope* yaitu untuk memperbesar objek, dan *Erect Star Telescope* yaitu untuk memperkuat cahaya yang lemah.

c) Penyangga (*rising piece*).

Teropong dilekatkan pada kekerangka dengan mengatur penyangga yang dapat diputar dengan menggunakan skrup untuk mengikat teropong pada kekerangkanya. Dengan memutar skrup kita dapat mengatur teropong lebih jauh atau lebih dekat dengan kekerangka. Penyetelan diatur sedemikian rupa tergantung dari luas pengamatan lewat cermin kecil melalui teropong dan juga diperhitungkan dengan kecerahan dari bayangan yang dipantulkan.

d) Lembidang busur (*Arc*)

Lembidang busur dibuat dari lempengan logam tipis yang mempunyai angka-angka dari yang paling rendah dan seterusnya membesar. Angka-angka tersebut tertera pada bagian bawah sextant dan diberi angka dari $0^\circ - 125^\circ$ untuk sudut yang $> 0^\circ$ dan dari 0° sampai $(-) 5^\circ$ untuk sudut yang $< 0^\circ$. Lembidang busur, pada bagian ini dibuat skala (dibuat guratan) dengan tanda:

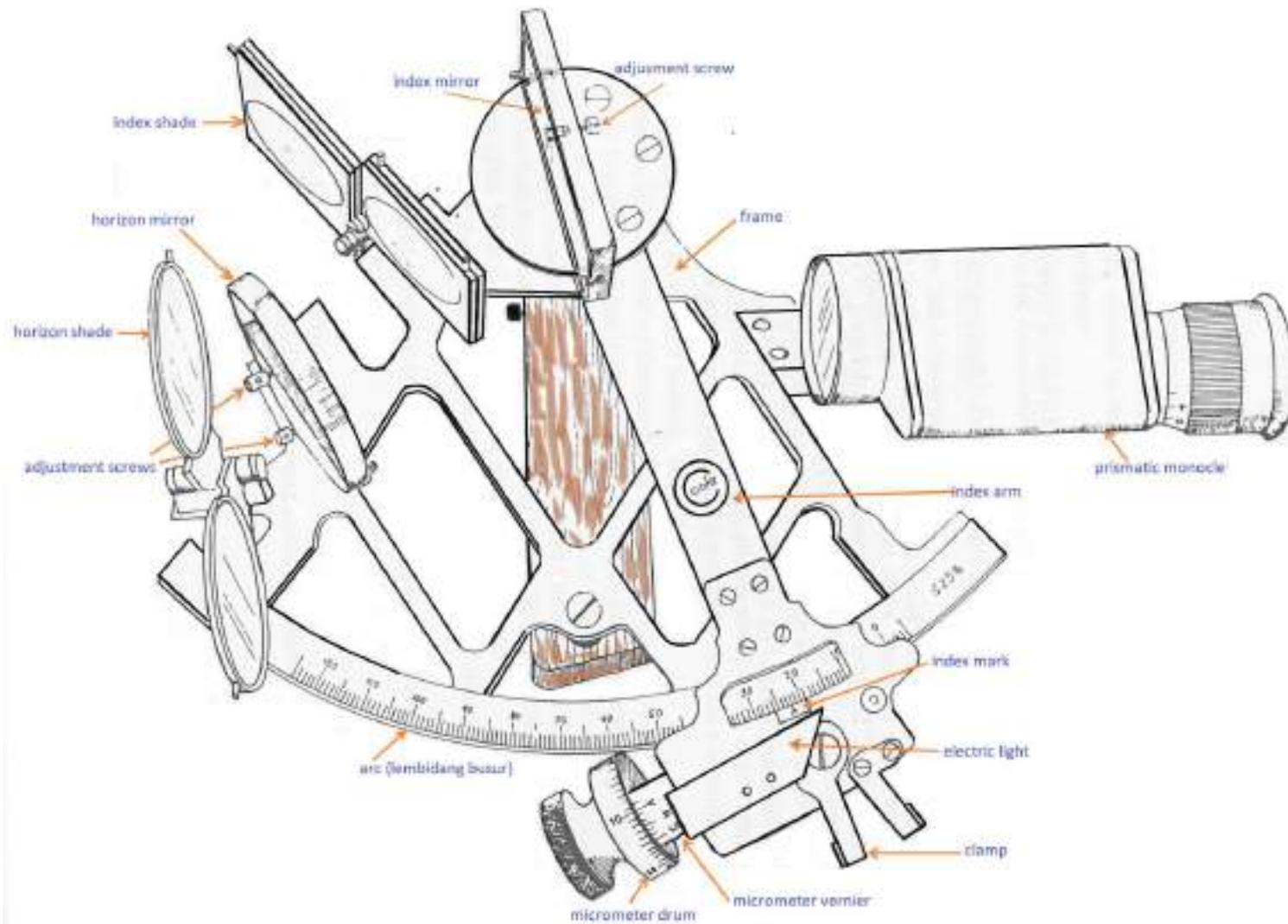
- Derajat ditandai dengan guratan yang panjang.
- Setengah derajat diberi guratan pendek.
- Angka nol ditulis, demikian juga kelipatan angka 10 ditandai dengan angka yang bersangkutan.
- Kelipatan angka 5 yang ganjil ditulis.

e) *Alhidade (index arm/index bar)*.

Berasal dari bahasa Arab yang artinya jari-jari sebuah lingkaran yang dapat diputar. Alhidade diarahkan pada sebuah plat yang berbentuk lingkaran. Alhidade bebas diputar pada sumbu yang terletak dibawah cermin besar. Anak panah atau angka nol dari alhidade disebut sebagai tanda indeks.

e) Sekerup penjepit (*clamp*).

Dengan menggunakan tekanan jari, penjepit melepas atau tidak menjepit alhidade di bagian bawah sextant. Alhidade dapat digerakkan ke arah sudut yang diperlukan. Pada saat jari dilepas, alhidade secara otomatis akan menjepit pada posisi tersebut.



Credit: Nicholls

Gambar 30: Bagian-bagian dari sebuah *sextant micrometer* (sextant tromol)

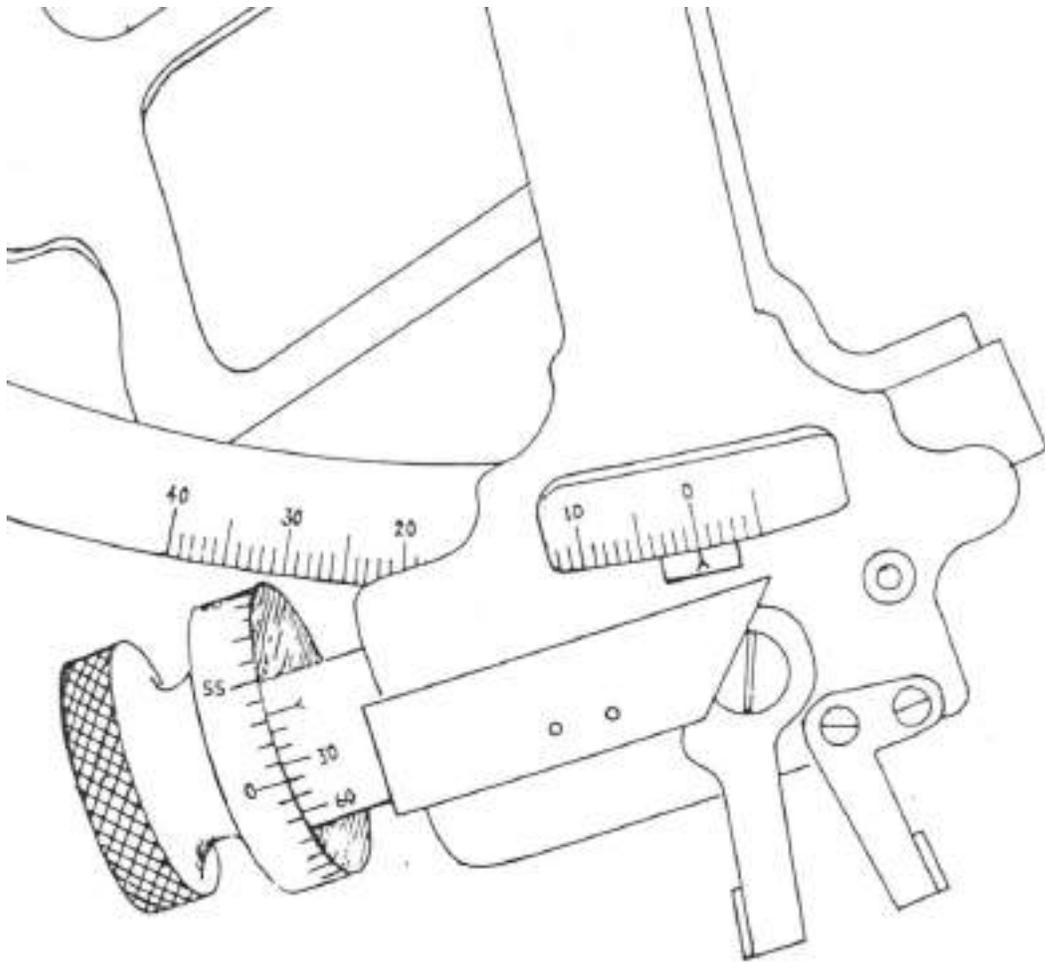
- g) Roda gerigi dan rak (*worm and rack*).
Roda gigi adalah sebuah sekrup tanpa ujung yang menjepit rak atau dipasang terselip di bagian bawah sextant. Dengan menekan, penjepit akan lepas roda gigi dari rak dan alhidade dengan mudah digerakan.
- h) Pegangan (*handle*).
Pegangan dipasang juga dengan tombol baterai dan berisi baterai yang digunakan sebagai sumber listrik untuk menerangi lampu yang dipasang pada alhidade,
- i) Tromol (*micrometer drum*).
Karena semua derajat dibaca langsung pada lembidang busur, maka menit busur akan dibaca pada tromol. Putaran tromol akan memutar gerigi sepanjang rak dan memudahkan pengaturan sudut yang diamati atau tinggi ukur. Tromol gunanya untuk menggeser pembacaan pengukuran sudut.
- j) Skala vernier (*micrometer Vernier*).
Skala Vernier memiliki 5 atau 6 skala garis, yang setara dengan 0,2' atau 10'' setiap garis busur. Menit busur dibaca pada tromol berimpit dengan skala vernier. Detik busur atau persepuluhan dari menit busur terbaca dimana 1 skala vernier memberikan tanda pada garis yang berimpit dengan salah satu garis menit pada tromol.
- k) Cermin besar (*index mirror*).
Berbentuk empat persegi panjang, terbuat dari kaca cermin.
- l) Cermin kecil (*horizon mirror*).
Berbentuk lingkaran, yang separuhnya terbuat dari kaca tembus pandang dan separuhnya dari kaca cermin.
- m) Kaca berwarna (*index shade*).
Digunakan pada cermin besar/kecil, untuk mengurangi intensitas cahaya atau silau

4. Cara membaca sextant

Mudah untuk membaca sebuah *sextant* dan tidak perlu banyak penjelasan:

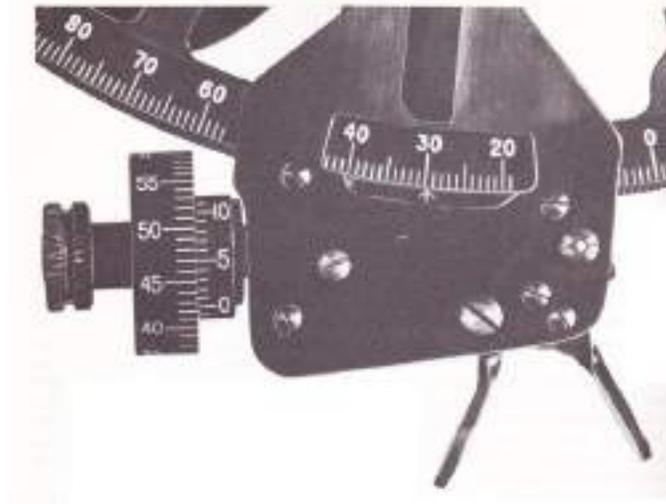
- Derajat: dibaca langsung pada skala lembidang busur, berseberangan dengan guratan pada alhidade
- Menit: dibaca langsung pada tromol (*micrometer drum*)
- Detik: dibaca langsung pada skala vernier. Pembacaannya bila guratan pada vernier membentuk satu garis lurus dengan guratan pada tromol.

Catatan: beberapa *sextant* dibuat guratan skala detiknya setiap 10'' busur, ada juga 0,2' (12'') busur.



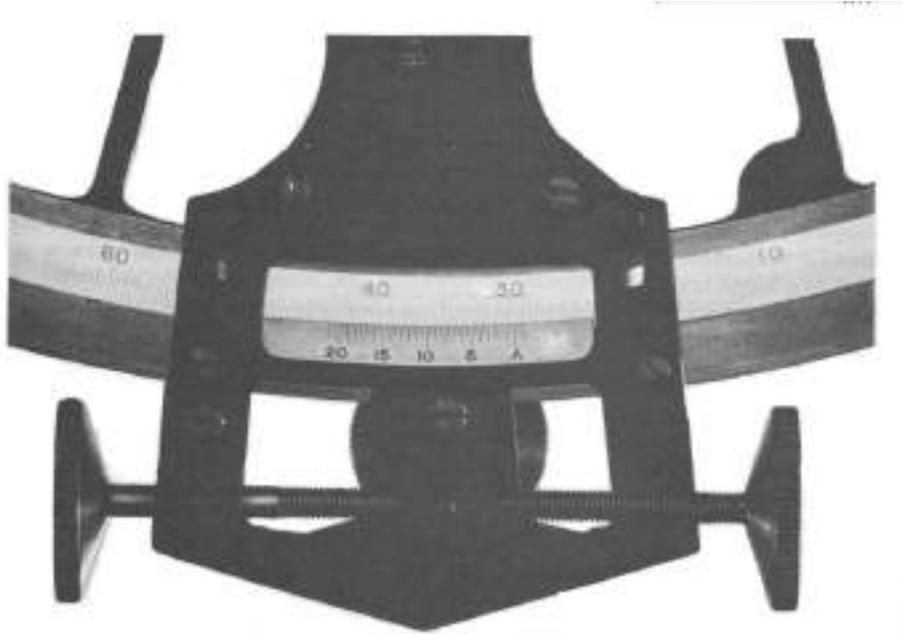
Credit: Nicholls

Gambar 31: Pembacaan negative (dibawah 0°) = 0°03'20" pada sextant tromol



Credit: Bowditch

Gambar 32: Pembacaan positif (diatas 0°) = 29°42,5 pada sextant tromol



Credit: Bowditch

Gambar 33: Pembacaan positif (diatas 0°) = $29^\circ 42' 30''$ pada sextant vernier

Kelebihan dan kekurangan *sextant Tromol* >< *sextant Nonius*

Kelebihannya yaitu:

- Pembacaan lebih cepat.
- Pembacaannya lebih mudah (tanpa kaca pembesar).

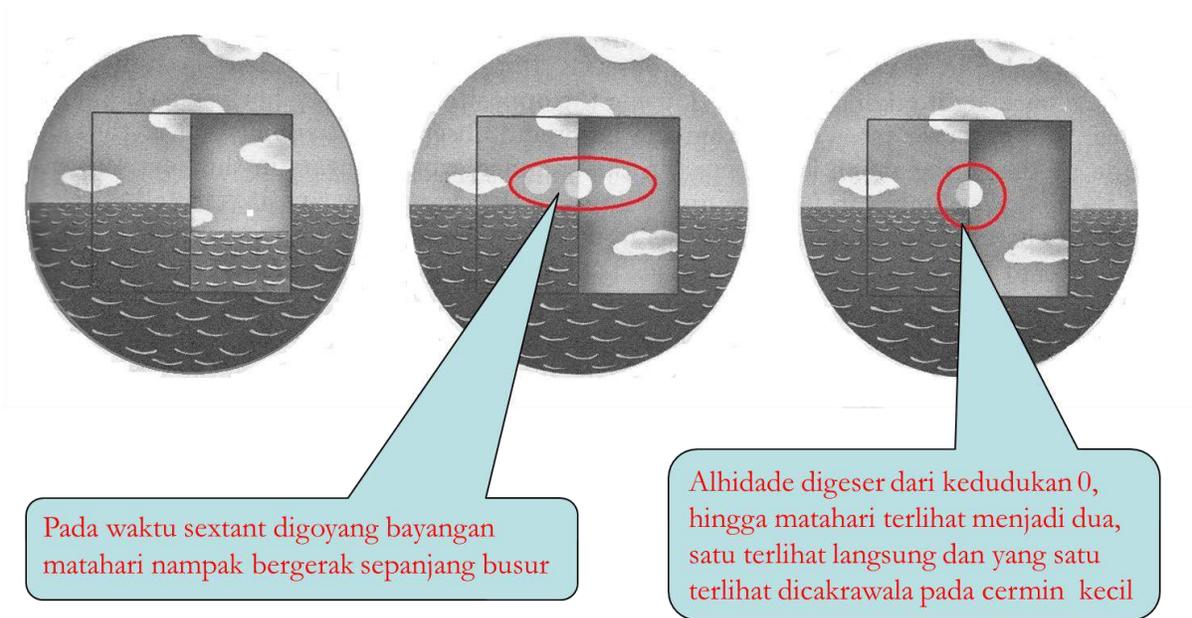
Kekurangannya, yaitu:

- Bagian-bagian yang bergerak lebih banyak, sehingga diperlukan penyetelan ulang.
- Hasil pembacaan kurang cermat.

5. Mengukur tinggi benda angkasa

5.1. Mengukur tinggi matahari.

- Sextant dipegang dengan tangan kanan dan benar-benar tegak.
- Pembacaan sextant diletakan pada angka 0.
- Pandangan diarahkan kesuatu titik di bawah matahari.
- Kaca berwarna, dibelakang cermin besar & kecil) dipasang bila perlu.
- Alhidade digeser dari kedudukan 0, hingga matahari terlihat menjadi dua, satu terlihat langsung dan yang satu terlihat dicakrawala pada cermin kecil.
- Sextant digoyang ke kiri dan ke kanan dengan sumbu teropong untuk mencari kedudukan tegaknya (pada posisi ini pembacaan dilakukan).
- Pada waktu sextant digoyang bayangan matahari yang tampak dalam cermin kecil bergerak sepanjang busur.
- Pada waktu **tepi bagian bawah** matahari menyentuh cakrawala (disebut tinggi ukur tepi bawah).
- Sebaliknya jika **tepi bagian atas** matahari menyentuh cakrawala (disebut tinggi ukur tepi atas).



Credit: Silvester

Gambar 34: Pengukuran tinggi bayangan matahari terlihat dalam cermin kecil dan cermin besar sextant.

5.2. Mengukur tinggi bulan.

- Prosedurnya sama dengan pengukuran matahari tetapi pada umumnya kaca berwarna tidak dipasang.
- Pengukuran biasanya dilakukan dengan tinggi ukur tepi atas bulan.
- Pengukuran bulan sebaiknya dilakukan pada saat masih ada sinar matahari (menjelang pagi dan menjelang malam).
- Pada waktu malam cahaya bulan sangat menyilaukan, sebab cahaya bulan menyinari permukaan air.

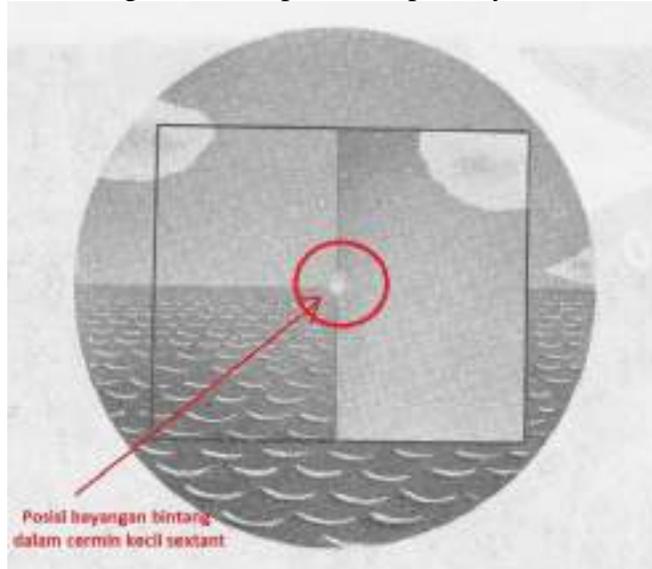
5.3. Mengukur tinggi bintang dan sayarat.

Ada 3 cara untuk mengukur bintang/planet, yaitu:

a. Cara biasa.

- Alhidade dan tromol diatur pada garis nol derajat.
- Pandangan/teropong diarahkan pada bintang sehingga terlihat 1 bintang yang terletak pada cermin kecil (separuh terlihat langsung dan separuhnya terlihat di cermin kecil).
- Bayangan bintang yang berada di cermin kecil digeser dengan alhidade sehingga cakrawala terlihat langsung pada kaca cermin kecil.
- Kemudian bayangan bintang disentuh pada cakrawala.
- Baca penunjukan sextant.
- Cara ini sulit sebab sewaktu bintang digeser kebawah akan tidak kelihatan (jika kontras antara bintang dan cakrawala kecil sekali).
- Pertama-tama perkirakan tinggi ukur benda angkasa, demikian juga azimutnya (dengan *star finder* / peta bintang).
- Sextant disetel kira-kira pada tinggi ukur yang ditunjukkan *star finder*.
- Sextant ditunjukkan kearah azimut bintang sesuai dengan *star finder*.
- Sextant digoyang-goyang sehingga bintang yang kita inginkan muncul diteropong.
- Geser hingga bintang tersebut menyentuh cakrawala.

- Cara ini yang baik dan sering dilakukan oleh navigator sebab akan diperoleh pengukuran yang paling baik.
- Pada pengukuran bintang dilakukan pada titik pusatnya.



Credit: Silvester

Gambar 35: Ilustrasi bayangan bintang dalam cermin kecil saat pengukuran

- Cara terbalik.
 - Alhidade dan tromol disetel pada nol.
 - Sextant dipegang dengan tangan kiri dan terbalik.
 - Arahkan pandangan pada benda angkasa.
 - Alhidade digeser perlahan hingga cakrawala kelihatan di cermin kecil.
 - Setelah itu sextant dibalik.
 - Selanjutnya dilakukan pengukuran dengan tangan kanan seperti biasa.
- Mengukur sudut 2 buah benda darat.
 - Alhidade dan tromol disetel pada angka nol.
 - Kaca berwarna tidak dipasang.
 - Arahkan teropong pada salah satu benda tersebut.
 - Bayangan benda yang terlihat dalam cermin tersebut digeser sehingga berimpit pada benda yang satu lagi (benda asli).
 - Baca penunjukan.
 - Bersamaan dengan itu catat haluan (arah) kapal.

Tata cara mengukur tinggi benda angkasa dengan sextant, sebagai berikut:

- Dibutuhkan dua orang (1 pengukur dengan sextant, 1 orang pencatat waktu).
- Setelah pengukur hampir menyelesaikan ukuran maka dia mengucapkan kata "siap" atau "standby".
- Dijawab oleh pencatat waktu dengan kata yang sama "siap" atau "standby".
- Setelah diperoleh pengukuran akan diucapkan kata "ya" dan dijawab dengan kata yang sama "ya".
- Pada saat kata "ya" pencatat waktu membaca penunjukan waktu pada *chronometer/stop watch*.

- (f) Sehubungan dengan kecepatan jarum, maka pembacaan waktu dilakukan dengan urutan sebagai berikut:
- PERTAMA-TAMA: jarum detik (kecepatan paling tinggi).
 - KEDUA : jarum menit (kecepatan lebih rendah).
 - TERAKHIR : jarum jam (kecepatan paling rendah).

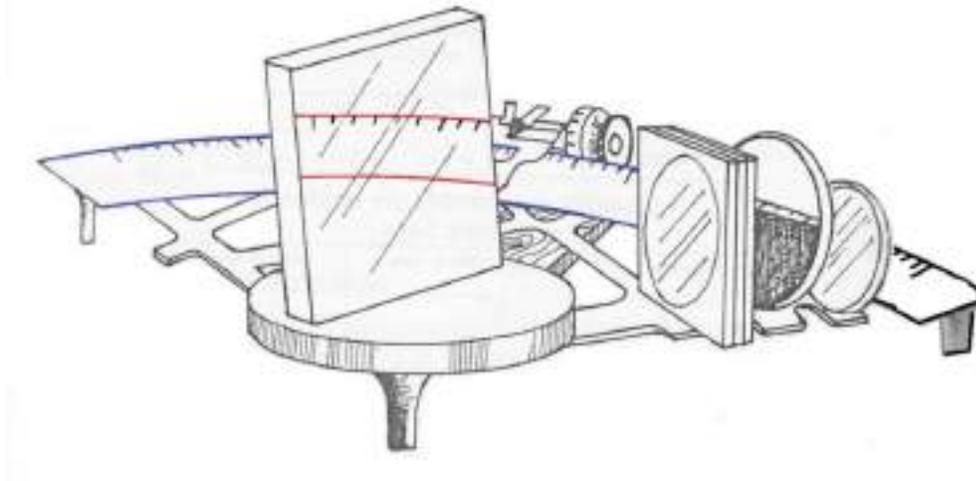
6. Kesalahan pada sextant (*sextant errors*)

Kesalahan pada sextant, dibagi atas kesalahan yang dapat diperbaiki (*adjustable error*) dan yang tidak dapat diperbaiki (*non adjustable error*).

Kesalahan pada sextant yang dapat diperbaiki (*adjustable error*) yaitu:

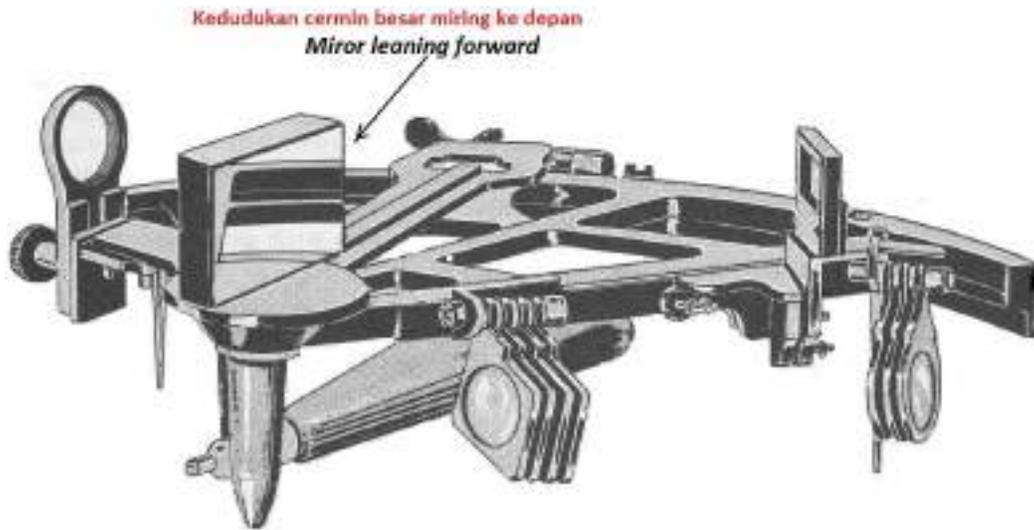
- ***Perpendicularity error* (kesalahan tegak lurus).**

Kesalahan ini terlihat pada saat cermin besar (*index mirror*) (cermin besar bentuknya segi empat) tidak berada segaris dengan kerangka dan lembidang busur (*arc*). Hal ini mudah dideteksi. Caranya letakkan sextant secara mendatar di tempat yang rata dan gerakan alhidade ke busur 35-45 derajat. Lihatlah pada cermin besar (*index mirror*), ke arah lembidang busur (skalanya). Kita dapat melihat dua bayangan dengan skalanya, bayangan yang dipantulkan pada sebelah kiri, dan bayangan langsung pada sebelah kanan. Kita harus melihat sebuah garis lurus (pada lembidang busur dan pada skalanya). Jika terlihat garisnya pecah, maka kita hilangkan kesalahannya dengan mengatur sekrup yang ada di belakang cermin besar.



Credit: Bowditch

Gambar 36: Ilustrasi *Perpendicularity error* (kesalahan tegak lurus): kesalahan ini terjadi karena cermin indeks (cermin besar) dan kerangka tidak saling tegak lurus (terlihat garis merah dan biru tidak sejajar).

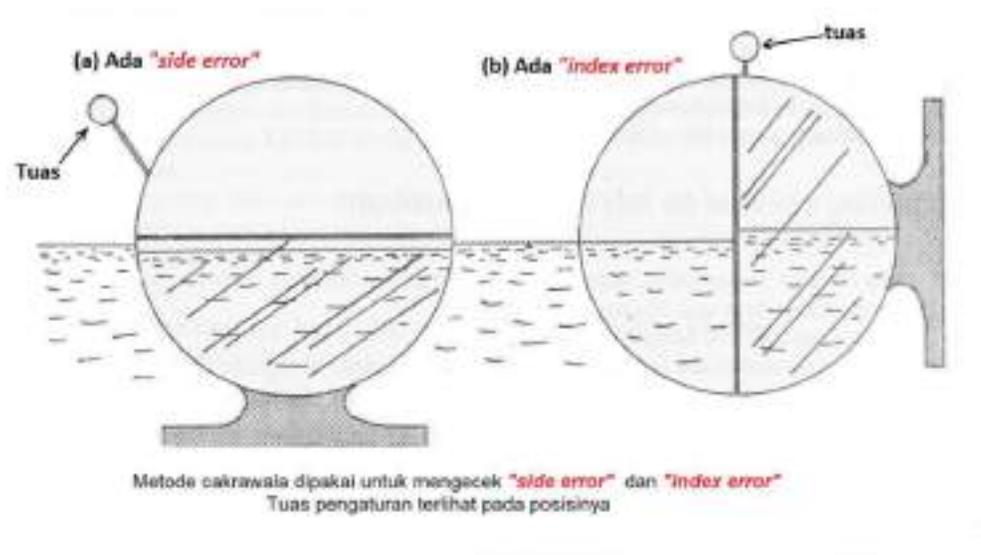


Credit: Bowditch

Gambar 37: Ilustrasi *perpendicularity error* (kesalahan tegak lurus): kesalahan ini terjadi karena cermin indeks (cermin besar) miring ke depan. Saat pengecekan *perpendicularity error*, kaca berwarna diarahkan ke bawah (tidak berada di depan cermin besar dan cermin kecil)

Pengaturan 1 untuk menghilangkan *perpendicularity error*:

- Teropong dilepas, kaca berwarna tidak dipakai, dan alhidade disetel pada pertengahan lembidang busur, maka pengaturannya sebagai berikut:
 - Ambil pin pengatur yang ada dalam kotak sextant.
 - Masukkan pin ke sekerup pengatur cermin besar (catatan hanya ada satu sekerup yang ada di cermin besar).
 - Gunakan hanya dengan tekanan yang meyakinkan, putar sekerup pengatur sampai garis bayangan dan garis sejati membentuk satu garis lurus.
 - Secara hati-hati keluarkan pin pengatur (sedemikian rupa tidak putar lagi sekerup yang sudah dipasang) lalu masukkan kembali ke dalam kotak.
 - Sextant sekarang sudah bebas dari *perpendicularity error*.
- **Side error**
 “Side error” ini akan terlihat jika cermin datar (cermin bulat) tidak saling tegak lurus dengan frame (kerangka) pada kedudukan alat di tempat yang rata.
 Ada dua cara untuk mengecek *side error* pada sextant, yaitu:
- a. Pengamatan pada cakrawala (*Horizon method*).
 Cara pengamatan dengan cakrawala kemungkinan terburu-buru tetapi cepat dilakukan, memerlukan penglihatan pada garis cakrawala yang lebih jelas.



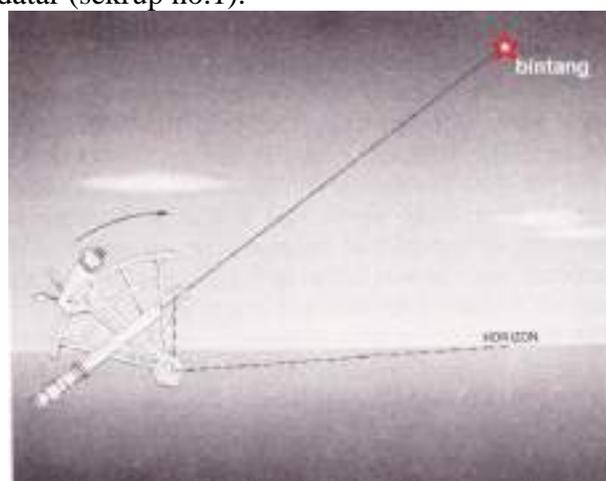
Credit: Silvester

Gambar 38: Metode pengecekan *side error* dan *index error*.

b. Pengamatan pada bintang (*Star method*).

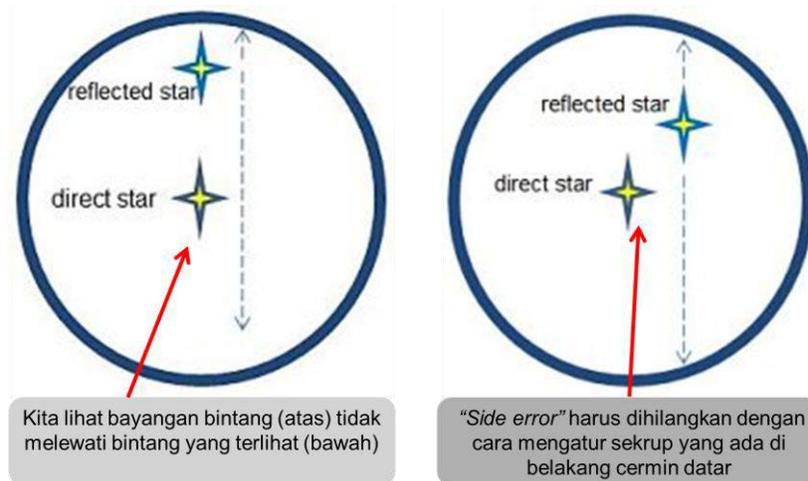
Cara pengamatan dengan bintang memerlukan lebih banyak perlakuan, tetapi memungkinkan lebih akurat bila dilakukan oleh pelaut yang berpengalaman. Kedua cara ini harus dilakukan.

Cara ini dipilih dengan mengarahkan sextant ke arah bintang yang ukurannya kecil (kurang dari 4.0 atau 5.0 magnitudo) untuk mengidentifikasi kesalahan ini. Aturlah alhidade pada 0 (nol) derajat, amatilah bintang tersebut dengan sextant dan gerakkan drum (skala menit). Gambar bayangan pantulan bintang yang ada akan melewati secara bergantian atas dan bawah dari bayangan bintang yang langsung (bukan pantulan). Pada saat pantulan bayangan bintang tidak melewati secara vertikal pada bayangan yang langsung (lihat gambar 44), maka "*side error*" dapat dihilangkan dengan cara mengatur sekrup pada cermin datar (sekrup no.1).



Credit: Silvester

Gambar 39: Pengamatan bintang untuk pengecekan *side error*.



Credit: Silvester

Gambar 40: Ilustrasi pengaturan sekrup *sextant* dengan melihat bayangan bintang pada *sextant*.



Credit: Silvester

Gambar 41: Putar sekrup di belakang cermin kecil untuk mengatur hilangkan "side error"

- **Index error (Salah indeks)**

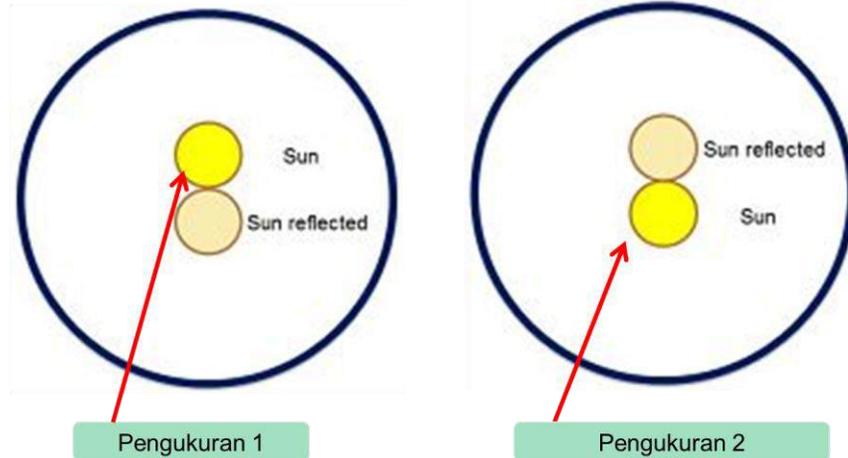
Sebuah sextant dengan kualitas yang baik tidak ada kesalahan ini. Kita dapat menggunakan garis cakrawala laut (horizon), bintang, matahari atau garis cakrawala di depan kita pada jarak kira-kira 3 NM (untuk menghindari kesalahan *parallax* (*parallax error*)). Sebuah sextant dikatakan memiliki "index error" jika *index mirror* (cermin besar) dan *horizon mirror* (cermin kecil) tidak sejajar saat lengan index (alhidade) dan tromol (drum) dengan skala menitnya diatur tepat pada angka nol. Jika kesalahan (error) lebih dari $(\pm)3,0'$, maka kita harus menguranginya.

Cara mencari index error (salah indeks)

Ada 2 cara yaitu:

- a. Cara pertama: mengukur tinggi matahari, dilakukan sebagai berikut:
 - Setel sextant pada nol.
 - Atur kaca berwarna

- Arahkan sextant pada matahari (matahari hanya kelihatan 1 buah).
- Geser tromol maka matahari kelihatan dua buah (karena ada bayangan matahari).
- Kemudian geser terus hingga bagian tepi bawah matahari yang satu berhimpit dengan bagian tepi atas dari matahari lainnya (bayangannya).
- Baca pembacaan sextant (misalnya $0^{\circ} 25,8'$).
- Geser kembali hingga posisi matahari- dan bayangan matahari tersebut bertukar tempat).
- Baca sextant kembali (misalnya $- 0^{\circ} 28,6'$).
- Salah indeks (SI) = $(0^{\circ} 25,8' + (-) 0^{\circ} 28,6') : 2 = - 0^{\circ} 01,3'$.
- Jadi Koreksi indeks (KI) = minus SI = $0^{\circ} 01,3' = 1,3'$.

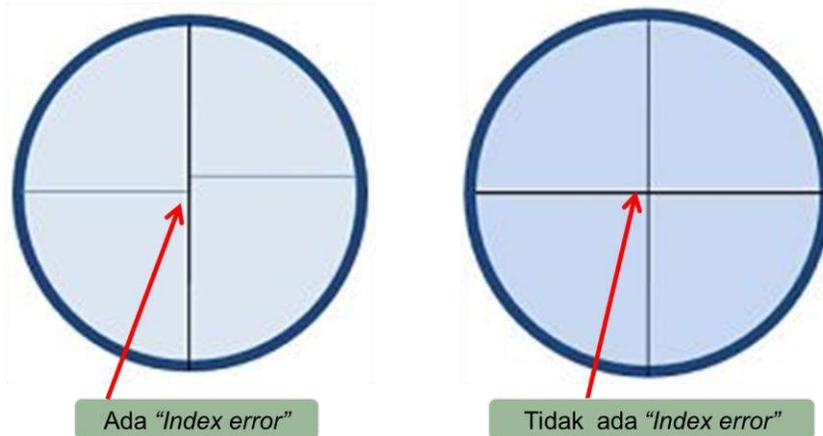


Untuk memperoleh salah indeks, kita dapat menggunakan matahari untuk mendeteksi kesalahan (*error*) dengan dua, empat atau enam x pengukuran.

Credit: Silvester

Gambar 42: Metode pengecekan *index error* (salah indeks) dengan pengamatan matahari.

- b. Cara kedua: melalui garis cakrawala, dilakukan sebagai berikut:
- Setel sextant pada angka nol.
 - Arahkan sextant pada garis cakrawala.
 - Jika garis cakrawala terlihat sebagai garis lurus maka salah indeksnya sama dengan nol.
 - Jika terlihat dua garis cakrawala, maka geser tromol secara perlahan-lahan hingga garis cakrawala menjadi satu garis.
 - Baca pembacaan sextant (misalnya: $0^{\circ} 03,5'$).
 - Diperoleh salah indeks (SI) = $0^{\circ} 03,5'$.
 - Jadi Koreksi Indeks (KI) = minus SI = $-0^{\circ} 03,5' = 3,5'$.



Kita melihat pada garis cakrawala melalui teropong. Garis cakrawala sejati dan garis cakrawala bayangan harus membentuk sebuah garis lurus, sehingga dikatakan tidak ada salah indeks (*index error*). Kita putar tromol sampai kita dapat melihat sebuah garis lurus. Salah indeks dapat dibaca.

Credit: Silvester

Gambar 43: Metode pengecekan *index error* (salah indeks) dengan pengamatan cakrawala (*horizon*).

Cara menghilangkan salah indeks.

- Salah indeks (*index error*) harus dihilangkan atau dikurangi dengan mengatur sekrup yang ada di belakang cermin datar (*horizon mirror*), atur/putar sekrup nomor 2.
- Jika kita memutar/mengatur sekrup untuk mendapat salah indeks (*index error*), kita dapat menemukan sebuah "*side error*" yang baru. Pada akhir kegiatan kita dapat mengulang lagi hal yang sama: periksa dan atur "*side error*" dan "*index error*".



Credit: Silvester

Gambar 44: Putar sekrup nomor 2 di belakang cermin kecil untuk mengatur hilangkan "*index error*".

- ***Collimation error*** (salah kolimasi)
Diperbaiki oleh produsen alat, sebuah sextant dengan kualitas yang baik tidak ada kesalahan ini. Salah kolimasi (*collimation error*) terjadi karena teropong tidak sejajar dengan kerangka sextant.
- ***Vernier error***
Diperbaiki oleh pembuat alat.

Kesalahan yang tidak dapat diperbaiki (*non adjustable error*), yaitu:

- **Centring error** (kesalahan titik pusat).
- **Graduation error** (kesalahan pembagian skala).
- **Micrometer error.**
- **Shade error.**
- **Prismatic error** (kesalahan prismatic).

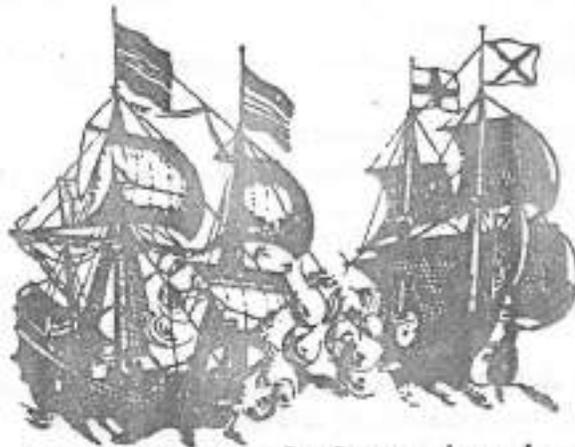
7. Cara perawatan sextant.

- Jangan sampai jatuh atau mendapat goncangan yang hebat.
- Jika tidak dipakai harus disimpan dalam kotaknya dengan baik (kaca berwarna dalam kedudukan tidak dipakai dan alhidade setengah busur), jauhkan dari panas, lengas udara dan bila disimpan dalam jangka waktu yang lama hendaknya busur dari poros berulir digosok dengan vaselin.
- Waktu mengeluarkan dari dalam kotaknya, harus dipegang pada kekerangkanya dan jangan sekali-kali pegang pada busurnya, alhidade, atau teropongnya.
- Bagian-bagian yang bergerak, secara beraturan perlu diminyaki.
- Waktu memasang teropong pada penyangganya harus dijaga agar tidak merusak ulir sekerup.
- Lembidang busur jangan dibuat mengkilat.

8. Sertifikat pada sextant

Di dalam kotak sextant ada sertifikat yang tertera tentang:

- Koreksi indeks.
- Koreksi kaca berwarna.
- Koreksi kaca bintang.
- Teropong besar dan teropong kecil diperbesar sampai beberapa kali.



Certificate of Examination

THE SEXTANT No. 5258..

COOKE HULL

NAMED
 of 6.5" RADIUS and READING to 10"
 has been examined and found satisfactory. The following
 corrections should be applied: —

ANGLE	30°	60°	90°	120°
CORRECTION	0"	+10"	-30"	-30"

The SHADES and MIRRORS are satisfactory.

TELESCOPE DATA:

Magnification	Angle of Field of View	Effective Aperture
6x	8°	30mm.

The definition is satisfactory.

Date 2/11/83 B. COOKE & SON LTD. Signed H. Hudson

Credit: Bowditch

Gambar 45: Contoh sertifikat pada sextant.

9. Almanak nautika.

Seorang pelaut yang telah mengenyam ilmu pendidikan kepelautan di bidang navigasi untuk tingkat perwira kapal, wajib mengetahui tentang cara menggunakan almanak nautika. Buku almanak nautika juga merupakan salah satu dokumen penting dalam publikasi navigasi sebagai syarat dalam laik laut sebuah kapal. Sebelum kapal berlayar buku almanak nautika pada tahun yang berjalan diwajibkan oleh syahbandar pelabuhan untuk dibawa dalam pelayaran dan berada di ruang peta kapal beserta 25 dokumen lainnya. Daftar berikut ini contoh almanak nautika termasuk dalam Daftar Publikasi dari PUSHIDROSAL yang diterbitkan dalam Berita Pelaut Indonesia.

Tabel 3: Daftar Publikasi Pushidrosal dalam Berita Pelaut Indonesia Nomor 1 tahun 2017.

BPI No.01
No. 001 – 023 / 2017

10.04.198
30 Desember 2016

BAGIAN I

PENJELASAN UMUM. DAFTAR PUBLIKASI

Daftar Publikasi Pushidrosal

NO	Publikasi	Keterangan
1	Peta Laut Indonesia	Nomor, Liputan dan Edisi dapat Dilihat pada Publikasi Katalog peta Laut Indonesia 2014
2	Katalog Peta Laut Indonesia	Edisi 2015
3	Peta No.1	Edisi 2013
4	<i>Electronic Navigational Chart (ENC)</i>	Nomor, Liputan dan Edisi dapat Dilihat pada Website Pushidrosal
5	Almanak Nautika	Edisi 2016
6	Daftar Arus Pasang Surut	Edisi 2016
7	Daftar Pasang Surut	Edisi 2016
8	Daftar Ilmu Pelayaran	Edisi 2016
9	Kepanduan Bahari jilid 1	Edisi 2014
10	Kepanduan Bahari jilid 2	Edisi 2015
11	Kepanduan Bahari jilid 3	Edisi 2013
12	Kepanduan Bahari jilid 4	Edisi 2014
13	Daftar Suar Indonesia	Edisi 2014
14	Informasi Pelabuhan	Edisi 2013
15	Daftar Kabel dan Pipa Bawah Laut	Edisi 2015
16	Daftar Kerangka Kapal	Edisi 2012
17	Daerah Ranjau	Edisi 2015
18	Daftar Stasiun Radio Pantai	Edisi 2015
19	Sistem Pelampungan A	Edisi 2011
20	Peta Cuaca	Edisi 2012
21	Peta Arus	Edisi 2014
22	Daftar Jarak Antar Pelabuhan Indonesia	Edisi 2015
23	Atlas Oseanografi Indonesia	Edisi 1994
24	Terbit Terbenam Matahari	Edisi 2016
25	Informasi Lingkungan Laut	Edisi 2010
26	Daftar Pelampung dan Perambuan	Edisi 2012

Menurut Bhattacharjee, (2018), almanak nautika merupakan salah satu alat bantu navigasi yang digunakan untuk menguraikan posisi benda-benda angkasa yang dipakai untuk membantu para pelaut saat berlayar sehingga dapat menentukan posisi kapal dengan menggunakan ilmu pelayaran astronomi. Dalam almanak nautika memuat tentang data astronomi selama setahun dan dipakai untuk membantu para pelaut dalam membuat perhitungan secara astronomi di kapal. Intinya membaca almanac nautika akan lebih mudah jika seseorang memiliki buku almanac yang terbuka di depannya sebagai bahan rujukan.

Perhitungan waktu yang digunakan dalam almanak nautika menggunakan waktu GMT (*Greenwich Mean Time*) sebagai waktu posisi sesuai dengan posisi kapal di bumi untuk diperhitungkan dan diperkirakan saat berlayar di laut. Posisi matahari, bulan, planet-planet lainnya dan 57 buah bintang pilihan juga digunakan sesuai dengan waktu GMT dan posisi kapal di bumi untuk menghitung route pelayaran yang memungkinkan.

- Bagian dalam dari sampul depan memuat table untuk koreksi tinggi matahari, bintang dan planet. Halaman setelah cover menyediakan table untuk tinggi terendah terhadap observasi benda-benda yang sama.
- Halaman berikutnya memuat data tentang koreksi refraksi.
- Halaman selanjutnya terdapat daftar yang memuat tentang kalender, tanggal tentang umur bulan, kalender tahunan, peta dan catatan yang memberikan informasi tentang peristiwa gerhana (*eclipse*) bulan dan matahari selama setahun.
- Halaman selanjutnya memuat catatan dan diagram planet selama setahun yang menunjukkan LMT (*Local Mean Time*) dari rembang atas planet Merkuri, Venus, Mars, Jupiter serta Saturn. Diagram tersebut mengindikasikan periode dimana setiap planet berada sangat dekat dengan matahari untuk pengamatan pada saat planet dapat terlihat. Hal ini juga memberikan suatu indikasi posisi dari planet-planet pada saat senja.
- Selanjutnya terdapat halaman secara keseluruhan sepanjang tahun yang telah dihitung berdasarkan waktu dan tanggal *Greenwich*. Halaman ini berisi tentang data harian untuk semua benda angkasa diberikan setiap tiga hari, ditampilkan pada sepasang halaman harian yang berhadapan dari almanak nautika. Halaman kiri dipakai untuk tabulasi data bintang-bintang dan planet-planet. Benda ini mempunyai arti penting terutama pada waktu senja, pagi dan sore hari. Halaman kanan memberikan data terutama untuk matahari dan bulan, bersama-sama dengan waktu senja, matahari terbit/terbenam dan bulan terbit/terbenam. Lajur paling kiri pada setiap halaman berisi tanggal-tanggal, hari-hari selama seminggu dan jam-jam GMT untuk ketiga hari tersebut. Perlu diingat bahwa tanggalnya adalah tanggal di *Greenwich* ini dapat satu hari lebih cepat atau lebih lambat dari tanggal setempat di posisi si pengamat.

Setiap pasang halaman yang berhadapan (kiri dan kanan) memuat info selama tiga hari tentang data yang terkait dengan benda angkasa, seperti pada table nomor 2 dan nomor3, serta penjelasan tentang halaman harian almanak nautika dapat dilihat pada table nomor 4 berikut ini.

Tabel 4: Contoh halaman harian sebelah kiri sebuah Almanak nautika tahun 2018

January 01, 02, 03 (Mon., Tue., Wed.)																							
Aries				Venus				Mars				Jupiter				Saturn				Stars			
Mon	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	SHA	Dec						
0	100°35.8	181°17.1	-23°37.9	238°36.7	-15°13.7	235°49.0	-15°53.1	189°05.5	-22°31.9			Alpheratz	357°40.3	29°11.3									
1	115°38.2	196°36.2	-23°37.7	253°37.6	-15°14.2	250°51.0	-15°53.2	204°07.6	-22°31.9			Arctus	353°12.7	-42°12.8									
2	130°40.7	211°35.2	-23°37.6	268°38.5	-15°14.7	265°53.0	-15°53.3	219°09.8	-22°31.9			Schedar	349°36.9	56°38.3									
3	145°43.2	226°34.2	-23°37.5	283°39.5	-15°15.1	280°55.1	-15°53.4	234°11.9	-22°31.9			Diphda	345°52.7	-17°53.5									
4	160°45.6	241°33.2	-23°37.4	298°40.4	-15°15.6	295°57.1	-15°53.5	249°14.1	-22°31.9			Achernar	335°24.4	-57°09.2									
5	175°48.1	256°32.3	-23°37.3	313°41.3	-15°16.1	310°59.2	-15°53.6	264°16.2	-22°31.9			Hamal	327°57.2	23°32.8									
6	190°50.6	271°31.3	-23°37.2	328°42.2	-15°16.6	326°01.2	-15°53.8	279°18.4	-22°31.9			Polaris	316°06.7	89°20.6									
7	205°53.0	286°30.3	-23°37.1	343°43.2	-15°17.0	341°03.3	-15°53.9	294°20.5	-22°31.9			Akamar	315°15.8	-40°14.3									
8	220°55.5	301°29.4	-23°36.9	358°44.1	-15°17.5	356°05.3	-15°54.0	309°22.6	-22°31.9			Menkar	314°11.6	4°09.4									
9	235°58.0	316°28.4	-23°36.8	13°45.0	-15°18.0	11°07.3	-15°54.1	324°24.8	-22°31.9			Mifkaf	308°35.5	49°55.5									
10	251°00.4	331°27.4	-23°36.7	28°45.9	-15°18.5	26°09.4	-15°54.2	339°26.9	-22°31.9			Adebaran	299°45.6	16°32.6									
11	266°02.9	346°26.5	-23°36.6	43°46.9	-15°18.9	41°11.4	-15°54.3	354°29.1	-22°31.9			Rigel	291°08.8	-8°11.1									
12	281°05.3	1°25.5	-23°36.5	58°47.8	-15°19.4	56°13.5	-15°54.4	9°31.2	-22°31.9			Capella	280°29.5	46°00.9									
13	296°07.8	16°24.5	-23°36.3	73°48.7	-15°19.9	71°15.5	-15°54.6	24°33.4	-22°31.9			Bellatrix	273°28.4	5°21.7									
14	311°10.3	31°23.6	-23°36.2	88°49.6	-15°20.4	86°17.6	-15°54.7	39°35.5	-22°31.9			Elnath	275°08.4	28°37.2									
15	326°12.7	46°22.6	-23°36.1	103°50.6	-15°20.9	101°19.6	-15°54.8	54°37.7	-22°31.9			Ainun	275°42.9	-1°11.7									
16	341°15.2	61°21.6	-23°36.0	118°51.5	-15°21.3	116°21.7	-15°54.9	69°39.8	-22°31.9			Betelgeuse	270°57.6	7°24.4									
17	356°17.7	76°20.7	-23°35.8	133°52.4	-15°21.8	131°23.7	-15°55.0	84°42.0	-22°31.9			Canopus	263°54.2	-52°42.5									
18	11°20.1	90°59.7	-23°35.7	148°53.3	-15°22.3	146°25.7	-15°55.1	99°44.1	-22°31.9			Sirius	258°30.6	-16°44.5									
19	26°22.6	105°58.7	-23°35.6	163°54.3	-15°22.7	161°27.8	-15°55.2	114°46.3	-22°31.9			Adara	255°09.7	-26°00.0									
20	41°25.1	120°57.8	-23°35.4	178°55.2	-15°23.2	176°29.8	-15°55.4	129°48.4	-22°31.9			Procyon	244°58.1	5°10.7									
21	56°27.5	135°56.8	-23°35.3	193°56.1	-15°23.7	191°31.9	-15°55.5	144°50.6	-22°31.9			Polaris	243°23.5	27°58.7									
22	71°30.0	150°55.8	-23°35.2	208°57.0	-15°24.1	206°33.9	-15°55.6	159°52.7	-22°31.9			Avior	234°16.1	-59°34.0									
23	86°32.5	165°54.9	-23°35.0	223°57.9	-15°24.6	221°36.0	-15°55.7	174°54.9	-22°31.9			Suhail	222°49.8	-43°30.3									
Mer.pas.	17:14	v-1.0 d0.1 m-3.8		v0.9 d-0.5 m1.5		v2.0 d-0.1 m-1.7		v2.1 d0.0 m0.5				Misaplacidus	221°38.2	-69°47.3									
Tue	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	Alphard	217°52.8	-8°44.3									
0	101°34.9	180°53.9	-23°34.9	238°58.9	-15°25.1	236°38.0	-15°55.8	189°57.0	-22°31.8			Regulus	207°40.0	11°52.6									
1	116°37.4	195°52.9	-23°34.7	253°59.8	-15°25.6	251°40.1	-15°55.9	204°59.2	-22°31.8			Dubhe	193°47.7	63°39.0									
2	131°39.8	210°52.0	-23°34.6	268°60.7	-15°26.0	266°42.1	-15°56.0	220°01.3	-22°31.8			Deivehla	182°30.4	14°28.3									
3	146°42.3	225°51.0	-23°34.5	283°61.6	-15°26.5	281°44.2	-15°56.2	235°03.5	-22°31.8			Gienah	175°49.0	-17°38.3									
4	161°44.8	240°50.0	-23°34.3	298°62.6	-15°27.0	296°46.2	-15°56.3	250°05.6	-22°31.8			Acraux	171°05.7	-63°11.5									
5	176°47.2	255°49.1	-23°34.2	314°63.5	-15°27.4	311°48.3	-15°56.4	265°07.7	-22°31.8			Gacrux	173°57.3	-57°12.5									
6	191°49.7	270°48.1	-23°34.0	329°64.4	-15°27.9	326°50.3	-15°56.5	280°09.9	-22°31.8			Aloth	168°18.1	55°31.5									
7	206°52.2	285°47.1	-23°33.9	344°65.3	-15°28.4	341°52.3	-15°56.6	295°12.0	-22°31.8			Spica	158°28.1	-11°15.1									
8	221°54.6	300°46.2	-23°33.7	359°66.3	-15°28.9	356°54.4	-15°56.7	310°14.2	-22°31.8			Alcid	152°56.7	49°13.3									
9	236°57.1	315°45.2	-23°33.6	14°67.2	-15°29.3	11°56.4	-15°56.8	325°16.3	-22°31.8			Hadar	148°43.7	-60°27.1									
10	251°59.6	330°44.2	-23°33.4	29°68.1	-15°29.8	26°58.5	-15°56.9	340°18.5	-22°31.8			Merkat	148°04.1	-36°27.2									
11	266°02.0	345°43.3	-23°33.3	44°69.0	-15°30.3	42°00.5	-15°57.1	355°20.6	-22°31.8			Arcturus	145°52.9	19°05.7									
12	280°04.5	0°42.3	-23°33.1	59°69.9	-15°30.7	57°02.6	-15°57.2	10°22.8	-22°31.8			Rigel Kent	138°47.8	-60°54.1									
13	295°07.0	15°41.4	-23°33.0	74°70.8	-15°31.2	72°04.6	-15°57.3	25°24.9	-22°31.8			Zosma	137°02.2	-16°06.7									
14	310°09.4	30°40.4	-23°32.8	89°71.8	-15°31.7	87°06.7	-15°57.4	40°27.1	-22°31.8			Kochab	137°20.9	74°04.8									
15	325°11.9	45°39.4	-23°32.7	104°72.7	-15°32.1	102°08.7	-15°57.5	55°29.2	-22°31.8			Alphecca	126°08.7	26°39.3									
16	340°14.3	60°38.5	-23°32.5	119°73.6	-15°32.6	117°10.8	-15°57.6	70°31.4	-22°31.8			Antares	112°22.8	-26°28.0									
17	355°16.8	75°37.5	-23°32.3	134°74.6	-15°33.1	132°12.8	-15°57.7	85°33.5	-22°31.8			Atria	107°22.3	-69°03.2									
18	12°19.3	90°36.5	-23°32.2	149°75.5	-15°33.6	147°14.9	-15°57.9	100°35.7	-22°31.8			Sabik	102°09.3	-15°44.6									
19	27°21.7	105°35.6	-23°32.0	164°76.4	-15°34.0	162°16.9	-15°58.0	115°37.8	-22°31.8			Shaula	98°18.1	-37°06.7									
20	42°24.2	120°34.6	-23°31.9	179°77.3	-15°34.5	177°19.0	-15°58.1	130°40.0	-22°31.8			Rasalhague	96°04.0	-12°33.0									
21	57°26.7	135°33.6	-23°31.7	194°78.2	-15°35.0	192°21.0	-15°58.2	145°42.1	-22°31.8			Eltanin	90°45.2	53°29.3									
22	72°29.1	150°32.7	-23°31.5	209°79.2	-15°35.4	207°23.1	-15°58.3	160°44.3	-22°31.8			Kass Aest.	83°40.1	-34°22.3									
23	87°31.6	165°31.7	-23°31.4	224°80.1	-15°35.9	222°25.1	-15°58.4	175°46.4	-22°31.8			Vega	80°37.3	38°48.1									
Mer.pas.	17:05	v-1.0 d0.1 m-3.8		v0.9 d-0.5 m1.5		v2.0 d-0.1 m-1.7		v2.1 d0.0 m0.5				Nunki	75°54.9	-26°16.3									
Wed	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	Altair	62°05.6	8°55.0									
0	102°34.1	180°30.8	-23°31.2	239°21.0	-15°36.4	237°27.2	-15°58.5	190°48.6	-22°31.8			Peacock	53°15.0	-56°40.6									
1	117°36.5	195°29.8	-23°31.0	254°21.9	-15°36.8	252°29.2	-15°58.6	205°50.7	-22°31.8			Deneb	49°29.8	45°20.9									
2	132°39.0	210°28.8	-23°30.8	269°22.8	-15°37.3	267°31.3	-15°58.8	220°52.9	-22°31.8			Enif	33°44.4	9°57.5									
3	147°41.5	225°27.9	-23°30.7	284°23.8	-15°37.8	282°33.3	-15°58.9	235°55.0	-22°31.8			Alnair	27°40.3	-46°52.6									
4	162°43.9	240°26.9	-23°30.5	299°24.7	-15°38.2	297°35.4	-15°59.0	250°57.2	-22°31.8			Fomalhaut	15°20.9	-29°31.8									
5	177°46.4	255°25.9	-23°30.3	314°25.6	-15°38.7	312°37.4	-15°59.1	265°59.3	-22°31.8			Scheat	13°50.8	28°10.9									
6	192°48.8	270°25.0	-23°30.1	329°26.5	-15°39.2	327°39.5	-15°59.2	281°01.5	-22°31.8			Merihab	13°35.4	15°18.2									
7	207°51.3	285°24.0	-23°30.0	344°27.4	-15°39.6	342°41.5	-15°59.3	296°03.6	-22°31.8			2018/1/1											
8	222°53.8	300°23.1	-23°29.8	359°28.4	-15°40.1	357°43.6	-15°59.4	311°05.7	-22°31.8			Venus	80°41.3	11:56									
9	237°56.2	315°22.1	-23°29.6	14°29.3	-15°40.6	12°45.6	-15°59.5	326°07.9	-22°31.8			Mars	138°00.9	08:05									
10	252°58.7	330°21.1	-23°29.4	29°30.2	-15°41.0	27°47.7	-15°59.6	341°10.0	-22°31.8			Jupiter	135°13.2	08:16									
11	267°01.2	345°20.2	-23°29.2	44°31.1	-15°41.5	42°49.7	-15°59.8	356°12.2	-22°31.8			Saturn	88°29.7	11:22									
12	282°03.6	0°19.2	-23°29.1	59°32.0	-15°42.0	57°51.8	-15°59.9	11°14.3	-22°31.8			2018/1/2											
13	297°06.1	15°18.3	-23°28.9	74°33.0	-15°42.4	72°53.8	-15°60.0	26°16.5	-22°31.8			Venus	79°19.0	11:57									
14	312°08.6	30°17.3	-23°28.7	89°33.9	-15°42.9	87°55.9	-16°00.1	41°18.6	-22°31.8			Mars	137°24.0	08:04									
15	327°11.0	45°16.3	-23°28.5	104°34.8	-15°43.3	102°57.9	-16°00.2	56°20.8	-22°31.8			Jupiter	135°03.1	08:12									
16	342°13.5	60°15.4	-23°28.3	119°35.7	-15°43.8	117°60.0	-16°00.3	71°22.9	-22°31.8			Saturn	88°22.1	11:19									
17	357°16.0	75°14.4	-23°28.1	134°36.6	-15°44.3	133°02.0	-16°00.4	86°25.1	-22°31.8			2018/1/3											
18	13°18.4	90°13.5	-23°27.9	149°37.6	-15°44.7	148°04.1	-16°00.5	101°27.2	-22°31.8			Venus	77°56.7	11:59									
19	28°20.9	105°12.5	-23°27.7	164°38.5	-15°45.2	163°06.2	-16°00.6	116°29.4	-22°31.8			Mars	136°46.9	08:02									
20	43°23.3	120°11.5	-23°27.5	179°39.4	-15°45.7	178°08.2	-16°00.8	131°31.5	-22°31.8			Jupiter	134°53.1	08:09									
21	58°25.8	135°10.6	-23°27.4	194°40.3	-15°46.1	193°10.3	-16°00.9	146°33.7	-22°31.8			Saturn	88°14.5	11:15									
22	73°28.3	150°09.6	-23°27.2	209°41.2	-15°46.6	208°12.3	-16°01.0	161°35.8	-22°31.8			Horizontal											
23	88°30.7	165°08.7	-																				

Tabel 5: Contoh halaman harian sebelah kanan sebuah Almanak nautika tahun 2018

2018 January 01 to Jan. 03 9

10
21

Sun					Moon					
h	GHA	Dec	GHA	Dec	d	HP				
0	179°30.0	-23°01.1	36°05.7	3.3	19°19.2	3.6	61.4			
1	194°09.7	-23°00.9	36°27.9	3.2	19°22.7	3.5	61.4			
2	209°09.5	-23°00.7	44°50.1	3.2	19°26.2	3.4	61.4			
3	224°09.2	-23°00.5	59°12.2	3.1	19°29.5	3.2	61.4			
4	239°08.9	-23°00.3	73°34.3	3.1	19°32.6	3.1	61.4			
5	254°08.6	-23°00.1	87°56.4	3.0	19°35.6	2.9	61.4			
6	269°08.3	-22°59.9	102°18.4	3.0	19°38.4	2.8	61.4			
7	284°08.0	-22°59.7	116°40.4	3.0	19°41.1	2.6	61.4			
8	299°07.7	-22°59.5	131°02.3	2.9	19°43.6	2.5	61.4			
9	314°07.4	-22°59.3	145°24.2	2.9	19°46.0	2.3	61.4			
10	329°07.1	-22°59.1	159°46.1	2.9	19°48.2	2.2	61.5			
11	344°06.8	-22°58.9	174°08.0	2.8	19°50.3	2.0	61.5			
12	359°06.5	-22°58.7	188°29.8	2.8	19°52.3	1.9	61.5			
13	14°06.2	-22°58.5	202°51.6	2.8	19°54.0	1.7	61.5			
14	29°05.9	-22°58.3	217°13.4	2.8	19°55.7	1.5	61.5			
15	44°05.6	-22°58.0	231°35.1	2.7	19°57.1	1.4	61.5			
16	59°05.3	-22°57.8	245°56.9	2.7	19°58.4	1.2	61.5			
17	74°05.1	-22°57.6	260°18.6	2.7	19°59.6	1.1	61.5			
18	89°04.8	-22°57.4	274°40.3	2.7	20°00.6	0.9	61.5			
19	104°04.5	-22°57.2	289°02.0	2.7	20°01.5	0.8	61.5			
20	119°04.2	-22°57.0	303°23.7	2.7	20°02.2	0.6	61.5			
21	134°03.9	-22°56.8	317°45.4	2.7	20°02.7	0.5	61.5			
22	149°03.6	-22°56.5	332°07.0	2.7	20°03.1	0.3	61.5			
23	164°03.3	-22°56.3	346°28.7	2.7	20°03.3	0.2	61.5			
SD = 16.3			d = 0.2			S.D. = 16.7				

11
12

Tue					Wed					
	GHA	Dec	GHA	Dec	d	HP				
0	179°03.0	-22°56.1	0°56.4	2.7	20°03.4	-0.0	61.5			
1	194°02.7	-22°55.9	15°12.1	2.7	20°03.3	-0.2	61.5			
2	209°02.4	-22°55.7	29°33.8	2.7	20°03.1	-0.3	61.5			
3	224°02.1	-22°55.4	43°55.4	2.7	20°02.7	-0.5	61.5			
4	239°01.8	-22°55.2	58°17.1	2.7	20°02.1	-0.6	61.5			
5	254°01.6	-22°55.0	72°38.8	2.7	20°01.4	-0.6	61.5			
6	269°01.3	-22°54.8	87°00.6	2.7	20°00.6	-0.9	61.5			
7	284°01.0	-22°54.5	101°22.3	2.7	19°59.5	-1.1	61.5			
8	299°00.7	-22°54.3	115°44.0	2.8	19°58.4	-1.2	61.5			
9	314°00.4	-22°54.1	130°05.8	2.8	19°57.1	-1.4	61.5			
10	329°00.1	-22°53.9	144°27.5	2.8	19°55.8	-1.6	61.4			
11	344°00.8	-22°53.6	158°49.4	2.8	19°53.9	-1.7	61.4			
12	359°00.5	-22°53.4	173°11.2	2.9	19°52.2	-1.9	61.4			
13	15°00.2	-22°53.2	187°33.1	2.9	19°50.2	-2.0	61.4			
14	30°00.0	-22°52.9	201°55.0	2.9	19°48.1	-2.2	61.4			
15	45°00.7	-22°52.7	216°16.9	2.9	19°45.9	-2.3	61.4			
16	60°01.4	-22°52.5	230°38.9	3.0	19°43.5	-2.5	61.4			
17	75°02.1	-22°52.2	245°00.9	3.0	19°41.0	-2.6	61.4			
18	90°02.8	-22°52.0	259°22.9	3.1	19°38.3	-2.8	61.4			
19	105°03.5	-22°51.8	273°45.0	3.1	19°35.4	-2.9	61.4			
20	120°04.2	-22°51.5	288°07.1	3.1	19°32.5	-3.1	61.3			
21	135°04.9	-22°51.3	302°29.3	3.2	19°29.3	-3.2	61.3			
22	150°05.6	-22°51.1	316°51.5	3.2	19°26.0	-3.4	61.3			
23	165°06.4	-22°50.8	331°13.8	3.3	19°22.6	-3.5	61.3			
SD = 16.3			d = 0.2			S.D. = 16.8				

13
14

Thu					Fri					
	GHA	Dec	GHA	Dec	d	HP				
0	178°56.1	-22°50.6	345°36.1	3.3	19°19.0	-3.6	61.3			
1	193°55.8	-22°50.4	359°58.4	3.4	19°15.3	-3.8	61.3			
2	208°55.5	-22°50.1	34°20.8	3.4	19°11.5	-3.9	61.3			
3	223°55.2	-22°49.9	28°43.3	3.5	19°07.5	-4.1	61.2			
4	238°54.9	-22°49.6	43°05.8	3.6	19°03.3	-4.2	61.2			
5	253°54.6	-22°49.4	57°28.4	3.6	18°59.0	-4.4	61.2			
6	268°54.3	-22°49.1	71°51.0	3.7	18°54.5	-4.5	61.2			
7	283°54.1	-22°48.9	86°13.8	3.7	18°50.1	-4.6	61.2			
8	298°53.8	-22°48.7	100°36.5	3.8	18°45.4	-4.8	61.1			
9	313°53.5	-22°48.4	114°59.3	3.8	18°40.5	-4.9	61.1			
10	328°53.2	-22°48.2	129°22.2	3.9	18°35.6	-5.0	61.1			
11	343°52.9	-22°47.9	143°45.2	4.0	18°30.5	-5.2	61.1			
12	358°52.6	-22°47.7	158°08.2	4.1	18°25.2	-5.3	61.1			
13	13°52.3	-22°47.4	172°31.4	4.1	18°19.9	-5.4	61.0			
14	28°52.1	-22°47.2	186°54.5	4.2	18°14.4	-5.6	61.0			
15	43°51.8	-22°46.9	201°17.8	4.3	18°08.8	-5.7	61.0			
16	58°51.5	-22°46.7	215°41.1	4.4	18°03.0	-5.8	61.0			
17	73°51.2	-22°46.4	230°04.5	4.4	17°57.1	-5.9	60.9			
18	88°50.9	-22°46.2	244°28.0	4.5	17°51.1	-6.1	60.9			
19	103°50.6	-22°45.9	258°51.5	4.6	17°45.0	-6.2	60.9			
20	118°50.3	-22°45.7	273°15.2	4.7	17°38.8	-6.3	60.9			
21	133°50.1	-22°45.4	287°38.9	4.8	17°32.4	-6.4	60.8			
22	148°49.8	-22°45.1	302°02.7	4.8	17°25.9	-6.5	60.8			
23	163°49.5	-22°44.9	316°26.6	4.9	17°19.3	-6.7	60.8			
SD = 16.3			d = 0.2			S.D. = 16.7				

15
16

17
18
19
20

22

Lat.	Moonrise				Moonset			
	Mon	Tue	Wed	Thu	Mon	Tue	Wed	Thu
72	---	---	---	---	---	---	---	---
70	12:08	13:15	15:25	10:36	11:45	11:47		
68	13:19	14:26	16:06	09:27	10:34	11:05		
66	13:56	15:03	16:34	08:50	09:57	10:37		
64	14:22	15:29	16:55	08:24	09:31	10:15		
62	14:43	15:49	17:12	08:04	09:10	09:57		
60	14:40	16:06	17:26	07:47	08:53	09:43		
58	15:14	16:20	17:38	07:33	08:39	09:30		
56	15:26	16:32	17:49	07:21	08:27	09:19		
54	15:37	16:43	17:58	07:10	08:18	09:10		
52	15:46	16:52	18:06	07:01	08:07	09:01		
50	15:55	17:00	18:14	06:53	07:58	08:54		
48	16:13	17:18	18:29	06:36	07:40	08:37		
46	16:27	17:33	18:42	06:20	07:26	08:24		
44	16:40	17:45	18:53	06:06	07:13	08:12		
42	16:51	17:56	19:03	05:57	07:02	08:02		
40	17:10	18:14	19:19	05:39	06:43	07:45		
38	17:26	18:30	19:34	05:23	06:27	07:29		
36	17:41	18:45	19:47	05:00	06:12	07:15		
34	17:57	19:00	20:01	04:53	05:58	07:01		
32	18:13	19:16	20:15	04:37	05:40	06:45		
30	18:32	19:35	20:31	04:18	05:21	06:27		
28	18:45	19:45	20:41	04:07	05:10	06:17		
26	18:56	19:58	20:52	03:55	04:57	06:05		
24	19:11	20:12	21:04	03:41	04:42	05:51		
22	19:29	20:30	21:20	03:23	04:24	05:34		
20	19:38	20:38	21:27	03:15	04:15	05:26		
18	19:48	20:48	21:35	03:05	04:05	05:16		
16	19:59	20:58	21:44	02:55	03:54	05:06		
14	20:11	21:10	21:54	02:43	03:41	04:55		
12	20:26	21:24	22:05	02:29	03:27	04:41		

Day	Sun		Mer. Pass	Moon	
	Eqn. of Time	12 ^h		Mer. Pass	Age
1	03:30	03:34	12:03	23:56	11:34 (16/99%)
2	03:48	04:02	12:04	01:00	12:28 (15/100%)
3	04:16	04:30	12:04	01:00	13:31 (16/97%)

Credit: Silvester

Tabel 6: Penjelasan tentang maksud angka-angka, huruf dan singkatan-singkatan dalam halaman harian Almanak nautika untuk matahari, bulan, bintang dan planet-planet

1	Date- tanggal berdasarkan tanggal di Waktu Menengah <i>Greenwich</i> = GMT (GMT = Greenwich Mean Time) /UT (Universal Time)
2	Time- Waktu berdasarkan waktu menengah di <i>Greenwich</i> /UT (hanya dimasukan waktu jam saja)
3	Mer.pass (<i>meridian passage</i>) disebut sebagai rembang atas dari Aries pada derajat pertama (0°) di <i>Greenwich</i> . Tanda waktu yang digunakan adalah waktu <i>Greenwich</i> /UT
4	<p>Koreksi v pada GHA (v correction) dan koreksi zawal d (<i>declination d correction</i>). Penjumlahannya dipakai mengoreksi dari nilai v dan d digunakan untuk menetapkan nilai menit dan detik waktu dari pengamatan planet dan ditemukan dalam halaman nilai <i>increment</i> dan <i>corrections</i> pada buku almanak nautika. Halaman <i>increments</i> dan <i>corrections</i> juga dikenal sebagai halaman kuning yang ditunjukkan oleh warna kertas kuning pada terbitan USNO.</p> <p>Pada kolom Aries γ: nilai GHA (<i>Greenwich Hour Angle</i> = Sudut Jam Barat) untuk Aries diberikan setiap jam dan jam GMT dari waktu rembang <i>Greenwich</i> selama setengah hari. GMT dari rembang <i>Greenwich</i> tanggal yang terdahulu dan yang sudah lewat dapat diperoleh dengan menambahkan atau mengurangi masing-masing. GHA γ (Aries) serta GHA dari zawal (<i>Declinasi</i>) planet-planet navigasi (<i>Venus, Mars, Jupiter dan Saturnus</i>). Di bagian bawah dari tiap lajur data untuk suatu planet terdapat nilai v dan d untuk planet yang terkait.</p> <p>Pada kolom planet-planet: nilai GHA dan declinasi dari planet Venus, Mars, Jupiter, dan Saturn diberikan setiap jam selama bersinar dan nilai koreksi ‘v’ dan ‘d’ yang diperoleh dan nilai SHA setiap jam 000 dituliskan pada bagian bawah masing nama planet. GMT dari pertengahan tanggal dan GMT dari rembang <i>Greenwich</i> pada tanggal-tanggal tersebut dituliskan pada bagian bawah dari daftar bintang. Nilai d (kor. d) adalah perubahan zawal tiap jam dalam menit busur. Nilai v (kor v.) adalah pertumbuhan GHA tiap jam, dalam menit busur.</p>
4a	m – adalah magnitude atau kekuatan cahaya dari planet. Cahaya planet yang terang akan memiliki tanda minus di sisi angka yang tertera. Cahaya planet yang redup tidak memiliki tanda di sisi angka kekuatan cahayanya.
5	SHA Bintang, Sidereal Hour Angle (Sudut Jam Barat), dan declinasi (zawal). 59 buah bintang yang terdaftar. Secara khusus hanya, hanya 57 bintang yang digunakan untuk keperluan navigasi pada kedua belahan bumi utara dan selatan. <p>Pada kolom Bintang (Stars): nilai SHA dan deklinasi dari 57 bintang dimuat dalam daftar (nilai yang valid untuk setiap tiga hari). Diberikan susunan dari 57 <i>Selected Stars</i> (bintang pilihan) disusun dalam urutan abjad bersama-sama dengan SHA dan zawalnya, secara saksama sampai sepersepuluh menit. Ini adalah bintang-bintang yang telah dipilih menurut kekuatan sorotnya dan penyebarannya di angkasa serta paling sering diamati oleh navigator Semua tabulasi dinyatakan dalam derajat, menit dan sepersepuluh menit (busur).</p>
6	Merr.Pass- waktu rembang atas planet berdasarkan waktu derajat 0° <i>Greenwich</i> . Angka waktu berdasarkan Waktu Menengah <i>Greenwich</i> (GMT)/UT.
7	SHA- SHA planet pada waktu rembang atas di derajat 0° <i>Greenwich</i> . SHA planet merupakan hasil perhitungan dengan cara mengurangkan GHA planet dari GHA

	Aries. Angka waktu berdasarkan Waktu Menengah <i>Greenwich</i> (GMT)/UT
8	Horizontal parallax - parallax datar dipakai untuk Venus dan Mars
9	Date (tanggal) -berdasarkan Waktu Menengah <i>Greenwich</i> (GMT) /UT
10	Time (waktu) - berdasarkan Waktu Menengah <i>Greenwich</i> (GMT) /UT (ini hanya dalam hitungan jam saja). Pada kolom Matahari (<i>Sun</i>): nilai GHA dan deklinasi matahari (<i>dec</i>) diberikan setiap jam. Data untuk matahari dan diberikan pada halaman kanan, ialah GHA dan zawal (<i>dec.</i>) secara saksama sampai sepersepuluh menit (busur), tiap jam GMT
11	SD- Semi-diameter , merupakan garis tengah matahari. Garis tengah dari lingkaran matahari sebagaimana yang diamati dari bumi.
12	d- jumlah dari zawal matahari yang berubah setiap jam. Jika nilainya bertanda kurang (-) disamping angka zawal pada kolom deklinasi maka Matahari berada pada belahan bumi selatan
13	v-correction dari GHA Bulan, jumlah yang dipakai untuk koreksi GHA Bulan yaitu nilai v yang digunakan untuk menetapkan nilai menit dan detik waktu saat pengamatan bulan dan didapatkan pada halaman nilai increment dan correction di buku almanak nautika. Halaman nilai increments dan corrections dikenal juga sebagai halaman kuning sebagaimana dicetak dalam kertas warna kuning oleh penerbit USNO. Pada kolom Bulan (<i>Moon</i>): nilai GHA, deklinasi dan koreksi ‘v’ serta ‘d’ dan nilai parallax datar (HP) dimuat untuk setiap jam. Data untuk bulan diberikan pada halaman kanan, ialah GHA dan zawal (<i>dec.</i>), serta parallax datar secara saksama sampai sepersepuluh menit (busur), tiap jam GMT.
14	SD-semi-diameter dari Bulan (<i>Moon</i>). Garis tengah dari lingkaran Bulan, sebagaimana diamati dari bumi
15	d-correction dari zawal Bulan. Angka ini merupakan jumlah dari zawal Bulan yang berubah setiap jam. Akan tetapi jumlah untuk mengoreksi zawal Bulan menggunakan nilai “ d ” untuk menentukan nilai menit dan detik waktu pengamatan Bulan dan diperoleh dari halaman nilai increment dan correction pada buku Almanak Nautika. Nilai koreksi d ditambahkan secara aljabar. Salah satu cara yang mudah untuk menentukan apakah dengan menambah atau mengurangi nilai koreksi “ d ” dapat diperoleh dari halaman kuning Almanak nautika dengan cara memeriksa kecenderungan zawal Bulan. Jika nilai zawal Bulan bertambah (tanpa menetapkan tanda + atau -) dari pertambahan setiap jamnya saat pengamatan, maka anda menambahkan dengan nilai d increment sehingga akan bertambah nilai zawal. Jika nilai zawal Bulan berkurang setiap jam pengamatan (tanpa menetapkan tanda + atau -) maka anda mengurangkan dengan nilai d increment dan nilai zawal bulan akan berkurang. Anda harus melakukan dengan pasti dalam menempatkan tanda di belakang untuk mengoreksi nilai zawal sehingga anda mengetahui Bulan berada di belahan bumi mana (Utara atau Selatan) Halaman increments dan corrections juga dikenal dengan halaman kuning sesuai dengan kertas warna kuning yang diterbitkan oleh USNO dalam Almanak nautika.
16	HP- Sudut antara dua buah garis, satu garis dari titik pusat Bulan ke arah bumi, dan satu garis lainnya berasal dari titik pusat bulan ke garis tepi bumi. Sudut ini besarnya kira-kira 56’, tetapi berubah sedikit demi sedikit setiap harinya sesuai

	dengan jarak terhadap Bulan yang berubah sepanjang garis edarnya mengelilingi bumi.
17	Sun-Eqn.of Time- . Perataan waktu adalah perbedaan antara Waktu Menengah <i>Greenwich</i> (GMT)/UT dan waktu rembang atas setempat pada <i>Greenwich</i> . Angka yang tertera adalah angka untuk GMT pada jam 00 dan jam 12. Jika anda melihat pada Mer.Pass ke arah sebelah kanan dari Eqn. of Time , anda akan mendapatkan nilai rata-ratanya, dimana matahari melewati garis derajat pertama (di <i>Greenwich</i>). Angka yang tertera pada kolom jam 12, merupakan perkiraan, berapa banyaknya menit dan detik yang dikurangkan atau ditambahkan ke angka 12 untuk menentukan kapan Waktu Rembang atas setempat (LAN=Local Apparent Noon) di Derajah Pertama. Anda dapat menghitung, memperkirakan kapan Waktu Rembang Atas di bujur lokasi anda dengan cara menambahkan atau mengurangi jumlah perbedaan waktu antara anda dan <i>Greenwich</i> dan Perataan Waktu.
17 Samb	Contoh Tanggal 30 Mey 2018, Mer.Pass = 11:57 UT. Pada pkl. 12 = 02:28. Ini maksudnya dikurangi 2 menit dan 28 detik dari pkl. 12 UT untuk menghitung kapan Mer.Pass berada di <i>Greenwich</i> . Jika pada bujur 075° B maka Mer.Pass akan menjadi kira-kira 12 jam ditambah 5 jam dikurangi 2 menit dan 28 detik atau di UT = 16:57:32.
18	Sun-Mer.Pass tepat di sebelah kanan dari Eqn.of Time ini merupakan perkiraan Waktu Menengah <i>Greenwich</i> (GMT)/UT bilamana saat matahari melewati derajat pertama (di <i>Greenwich</i>) untuk tanggal tertentu.
19	Moon-Mer.Pass merupakan perkiraan Waktu <i>Greenwich</i> /UT bilamana bulan melewati derajat pertama (di <i>Greenwich</i>) atau melewati Garis Batas Tanggal Internasional (derajah 180°) untuk tanggal tertentu. Rembang Atas (Upper) berarti Waktu <i>Greenwich</i> /UT dimana bulan melewati garis derajat pertama (<i>Greenwich</i>) dan rembang bawah (Lower) berarti waktu <i>Greenwich</i> /UT dimana bulan melewati derajat Garis Batas Tanggal Internasional (derajah 180°)
20	Moon-Age- ini adalah jumlah hari (umur bulan) sampai bulan baru. Secara spesifik biasanya selama 29 hari peredaran bulan.
20 Samb	Moon-%- jumlah dari cahaya bulan. 100% berarti pada saat bulan purnama. 49% berarti perkiraan pada pertengahan atau setengah dari cahaya bulan purnama.
21* Lihat catatan kaki	(morning) Twilight-Naut- perkiraan Waktu Menengah <i>Greenwich</i> (GMT)/UT dimana senja Nautik matahari pagi mulai terlihat. Waktu senja merupakan waktu dimana titik pusat matahari berada 12° dari garis cakrawala dan cakrawala masih dapat terlihat dengan menggunakan sextant. Pertama tetapkan perkiraan Lintang anda pada kolom Lat. dan selanjutnya secara mendatar ke arah kanan untuk mendapatkan waktu.
21* Lihat catatan kaki	(morning) Twilight-Civil- perkiraan waktu <i>Greenwich</i> /UT dari senja sipil mulai terlihat dimana pusat geometric dari matahari yang berada 6° dibawah dari cakrawala. Pertama tetapkan perkiraan lintang anda pada kolom Lat. dan selanjutnya secara mendatar ke arah kanan untuk mendapatkan waktu.
21* Lihat catatan kaki	Sunrise- perkiraan waktu <i>Greenwich</i> /UT pada saat matahari berada 0° 50' (setengah garistengah + refraksi) di bawah dari garis cakrawala. Pertama tetapkan perkiraan lintang anda pada kolom Lat. dan selanjutnya secara mendatar ke arah temukan waktu.

21* Lihat catatan kaki	(evening) Twilight-Naut- perkiraan waktu <i>Greenwich</i> /UT pada saat senja hari nautik berakhir. Senja hari nautik adalah waktu dimana titik pusat matahari berada pada 12° di bawah dari garis cakrawala dan cakrawala tidak cukup lama dilihat untuk digunakan dalam pengukuran dengan sextant. Pertama tetapkan perkiraan lintang anda pada kolom lintang (Lat) dan selanjutnya tarik mendatar ke kanan dan temukan waktunya.
21* Lihat catatan kaki	(evening) Twilight-civil- perkiraan waktu menengah <i>Greenwich</i> /UT dari waktu senja sipil berakhir bilamana pusat geographic matahari berada pada sudut 6° di bawah dari garis cakrawala. Pertama tetapkan perkiraan lintang anda pada kolom lintang (Lat) dan selanjutnya tarik mendatar ke kanan dan temukan waktunya.
21* Lihat catatan kaki	Sunset- perkiraan Waktu Menengah <i>Greenwich</i> (GMT)/UT pada saat matahari berada pada $0^\circ 50'$ (pada garis menengah ditambah refraksi) di bawah dari garis cakrawala. Pertama tetapkan perkiraan lintang anda pada kolom lintang (Lat) dan selanjutnya tarik mendatar ke kanan dan temukan waktunya.
21* Lihat catatan kaki	Moonrise- perkiraan Waktu Menengah <i>Greenwich</i> (GMT)/UT pada saat bulan berada kira-kira $0^\circ 05'$ sampai $0^\circ 10'$ di bawah dari garis cakrawala. Pertama tetapkan perkiraan lintang anda pada kolom lintang (Lat) dan selanjutnya tarik mendatar ke kanan dan temukan waktunya pada hari tertentu.
21* Lihat catatan kaki	Moonset- perkiraan Waktu Menengah <i>Greenwich</i> (GMT)/UT pada saat Bulan berada kira-kira $0^\circ 05'$ sampai $0^\circ 10'$ di bawah dari garis cakrawala. Pertama tetapkan perkiraan lintang anda pada kolom lintang (Lat) dan selanjutnya tarik mendatar ke kanan dan temukan waktunya pada hari tertentu.

Catatan *) Matahari terbit, terbenam, Bulan terbit, terbenam dan senja waktunya tergantung pada Waktu Menengah *Greenwich* (GMT)/UT pada derajat 0° (di *Greenwich*). Untuk menentukan waktu GMT/UT pada bujur anda maka tambahkan atau kurangkan dengan perbedaan waktu antara Bujur duga anda dengan *Greenwich*.

Selain itu sebuah almanak nautika dilengkapi juga dengan halaman-halaman lainnya yaitu:

- a) Halaman penjelasan (*Explanation*) yang diberikan untuk menguraikan tentang susunan dan prinsip-prinsip di balik almanak sesuai dengan contoh untuk menunjukkan penggunaan yang tepat dari informasi yang terdapat dalam almanak. Instruksi yang diberikan menjelaskan bagaimana manfaat dari almanak tahunan yang sedang berjalan untuk penggunaan pada tahun berikutnya secara baik.
- b) Halaman untuk tabel-tabel yang disediakan untuk membedakan dan memahami Waktu Menengah *Greenwich* ($GMT = Greenwich Mean Time$) dan waktu tolok yang berlaku di dunia.
- c) Halaman peta bintang yang disediakan untuk mengidentifikasi semua bintang penting untuk menjadi patokan dalam pelayaran. Kekuatan cahaya dari bintang-bintang sesuai dengan susunan rasi bintang dan *SHA* (*Sidereal Hour Angle*) yang dimilikinya, nilai deklinasi yang diberikan selama setiap bulan.
- d) Halaman daftar polaris diberikan pada koreksi a_0 , a_1 , a_2 diterapkan pada tinggi sejati dari Polaris untuk mendapatkan tinggi yang diukur. Terdapat juga sebuah table untuk mendapatkan azimuth dari Polaris. Penjelasan yang lebih jelas untuk penggunaan tabel tersebut diuraikan sesuai dengan contoh soal yang ada.
- e) Halaman tabel untuk mengkonversikan dari busur ke dalam waktu juga disediakan.

- f) Halaman tabel nilai increment dan nilai koreksi diperlukan untuk mendapatkan nilai GHA matahari, planet, Aries dan bulan disamakan dengan nilai deklinasi matahari, bulan dan planet.
- g) Halaman tabel interpolasi diberikan untuk penggunaan dalam menghitung *LMT* (*Local Mean Time* = Waktu menengah setempat) matahari terbit, matahari terbenam, waktu senja, bulan terbit, bulan terbenam dan saat rembang bulan yang diperlukan untuk menentukan lintang. Ada dua buah table yang pertama seperti yang disebutkan sebelumnya dan yang terakhir adalah untuk menghitung bujur.
- h) Halaman nilai index dari 57 buah bintang yang diberikan dalam bentuk nomor bintang, kekuatan cahaya, nilai *SHA* (*Sidereal Hour Angle*) dan deklinasi bintang-bintang yang tertera pada sebelah kanan.
- i) Halaman tabel koreksi tinggi untuk Bulan, memiliki nilai koreksi untuk diterapkan dalam menghitung tinggi ukur dari bulan pada tepi atas atau tepi bawah bulan.

Ada dua buah bentuk buku almanak nautika andalan dan terkenal yang diterbitkan sampai saat ini yaitu *Great Britain's The Nautical Almanac* terbitan *HMS Nautical Almanac office* sejak abad ke 18 dan *United States' Almanac* diterbitkan oleh *US Naval Observatory* pada abad ke 19. Membedakan antara kedua Almanak nautika tersebut maka ada beberapa Almanak nautika yang diterbitkan di seluruh dunia, misalnya *Admiralty the Nautical Almanac Her Majesty's Nautical Almanac Office* terbitan United Kingdom Hydrographic Office, tetapi hanya dua almanak yang disebutkan pertama menjadi rujukan. Almanak nautika lainnya lebih banyak dikenal sebagai almanak karena nilai bisnis atau komersialnya. Almanak nautika telah digunakan oleh pelaut sejak dari jaman ke jaman secara terus menerus sampai saat ini, seperti dalam Daftar Almanak Nautika terbitan tahun 2010 (Admiralty, 2019), walaupun teknologi dalam ilmu pelayaran astronomi telah berkembang sesuai kemajuan. Penerbitan yang paling pertama almanak nautika ini dimulai sekitar akhir abad 19.

Almanak nautika tidak berfungsi jika alat lainnya tidak digunakan yaitu alat yang dikenal dengan nama sextant, selain itu dengan bantuan alat pengukur waktu yang dikenal dengan nama *chronometer*. Melalui penggunaan sextant dan *chronometer* maka waktu dan posisi dari sebagian bintang, bulan atau planet dapat ditemukan. Waktu dan lokasi yang telah dicatat selanjutnya ditemukan lewat almanak nautika untuk ditandai dalam sebuah route pelayaran di laut sehingga dapat dipedomani. Nilai yang diperoleh merupakan nilai perkiraan karena ada batas kesalahan saat menggunakan sextant dan *chronometer*.

Test Formatif 4:

Setelah anda membaca kegiatan belajar 4, bacalah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini, kemudian berikan jawaban sesuai dengan pemahaman yang benar :

A. Pilihan Ganda

1. Untuk memperbesar obyek pada saat pengamatan dan lebih mempermudah pengamatan, digunakan..... pada sextant.

A. Cermin kecil	B. Cermin besar
C. Teropong	D. Kerangka
2. Bagian sextant yang dibuat dari lempengan logam tipis yang mempunyai angka-angka dari yang paling rendah dan seterusnya membesar, disebut:

A. Cermin kecil	B. Cermin besar
-----------------	-----------------

- C. *Vernier* D. Lembidang busur
3. Bagian sextan yang berupa jari-jari sebuah lingkaran yang dapat diputar dan diarahkan pada sebuah plat yang berbentuk lingkaran, disebut:
 A. *Alhidade* B. *Vernier*
 C. *Frame* D. *Nonius*
4. Menit busur akan dibaca pada:
 A. *Alhidade* B. Tromol
 C. Lembidang busur D. *Nonius*
5. Detik busur atau persepuluhan dari menit busur terbaca pada:
 A. Skala vernier B. Tromol
 C. Lembidang busur D. *Nonius*
6. Kesalahan pada sextant yang dapat diperbaiki (*adjustable error*) adalah yang disebutkan dibawah ini, kecuali:
 A. *Perpendicularity error* B. *Index error*
 C. *Shade error* D. *Side error*
7. Waktu mengeluarkan sextant dari dalam kotaknya, harus dipegang pada kekerangkanya dan jangan sekali-kali pegang pada:
 A. Busurnya B. *Alhidade*,
 C. Teropong D. Jawaban A, B dan C benar
8. Nilai *SD- Semi-diameter* dalam almanac nautical merupakan nilai:
 A. Garis tengah bintang B. Garis tengah matahari dan bulan
 C. Garis tengah planet dan matahari D. Garis tengah bulan dan planet
9. Jumlah hari (umur bulan) sampai bulan baru, biasanya selama 29 hari disebut:
 A. *Moon age* B. *Moon Mer.Pass*
 C. *Moon %* D. *Moon SD.*
10. Rembang atas (*upper*) berarti Waktu *Greenwich/UT* dimana bulan melewati:
 A. Garis katulistiwa B. Garis derajat pertama (*Greenwich*)
 C. Garis lintang D. Garis derajat 180°
11. Rembang bawah (*lower*) berarti waktu *Greenwich/UT* dimana bulan melewati:
 A. Gerhana total B. Garis derajat pertama (*Greenwich*)
 C. Gerhana matahari D. Derajah garis batas tanggal internasional
12. Perkiraan Waktu Menengah *Greenwich* (GMT)/*UT* dimana senja Nautik matahari pagi mulai terlihat, disebut:
 A. (*Morning*) *Twilight-Nautic* B. (*Morning*) *Twilight-Civil*
 C. Rembang atas D. Rembang bawah
13. Perkiraan waktu *Greenwich/UT* dari waktu senja sipil mulai terlihat dimana pusat geometric dari matahari yang berada pada sudut 6° dibawah dari cakrawala, disebut:
 A. (*Morning*) *Twilight-Nautic* B. (*Morning*) *Twilight-Civil*
 C. Rembang D. Rembang atas
14. Perkiraan waktu *Greenwich/UT* pada saat matahari berada 0° 50' (setengah garis tengah + refraksi) di bawah dari garis cakrawala, disebut:
 A. *Sun set* B. *Twilight-Nautic*
 C. *Mer. Pass* D. *Sun rise*
15. Perkiraan waktu menengah *Greenwich/UT* dari waktu senja sipil berakhir bilamana pusat geographic matahari berada pada sudut 6° di bawah dari garis cakrawala, disebut:
 A. *Morning twilight civil* B. Rembang bawah

- C. (evening) *Twilight-civil* D. Rembang atas
16. Kekuatan cahaya dari bintang-bintang sesuai dengan susunan rasi bintang dan..... yang dimilikinya:
 A. GHA B. *SHA (Sidereal Hour Angle)*
 C. LHA D. Zawal yang dimilikinya
17. Halaman tabel untuk mengkonversikan dari nilai busur ke dalam nilai waktu, disediakan pada halaman:
 A. *Conversion of arc to time* B. Harian
 C. *v or d correction* D. *Correction and increment*
18. Perkiraan Waktu Menengah *Greenwich (GMT)/UT* pada saat bulan berada kira-kira $0^{\circ} 05'$ sampai $0^{\circ} 10'$ di bawah dari garis cakrawala, disebut:
 A. *Sun set* B. *Sun rise*
 C. *Twilight* D. *Moonrise*
19. Waktu Rembang atas setempat di derajat pertama, disebut:
 A. *Horizontal parallel* B. *Moon set*
 C. *LAN=Local Apparent Noon* D. *Eqn. of time*
20. Halaman nilai index dari 57 buah bintang yang diberikan dalam bentuk:
 A. Deklinasi bintang-bintang B. Kekuatan cahaya
 C. Nilai *SHA (Sidereal Hour Angle)* D. Jawaban A, B, dan C benar

CONTOH SOAL DALAM UJIAN ANT III (CBT = Computer Base Test)

21. *A marine sextant has the index arm set at zero and the reflected image of the horizon forms a continuous line with the actual image. When the sextant is rotated about the line of sight the image separate. The sextant has:*
 A. *Centering errors* B. *Side error*
 C. *Error of perpendicularity* D. *I don't know*
22. *In order to remove index error from a sextant, you should adjust the:*
 A. *Telescope to make it perpendicular to the sextant frame.*
 B. *Index mirror to make it parallel to the horizon glass with the index set at zero.*
 C. *Horizone glass to make it parallel to the index mirror with the index set at zero.*
 D. *Horizone glass to make it parallel to the sextant frame.*
23. *The index error is determined by adjusting the:*
 A. *Sextant frame* B. *Index mirror*
 C. *Horizone glass* D. *Micrometer drum*
24. *What is a nonadjustable error of the sextant*
 A. *Side error* B. *Prismatic error*
 C. *Error of collimation* D. *Index error*
25. *A vertical sextant angle gives:*
 A. *The ullage of tanks* B. *position line*
 C. *The height of bridge above sea level* D. *position circle*

BAB V

WAKTU, PERATAAN WAKTU DAN PENGGUNAAN *CHRONOMETER*



Credit: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/MIH-film12_color_cerrected_denoise.jpg

Waktu, perataan waktu dan penggunaan *chronometer*

1. Pengaturan waktu

cc) Waktu bintang (Siderial Time)

Menurut Soebekti (1979) dalam Martopo (1992), bahwa Waktu Bintang (*) = Sudut Jam Barat Aries (γ), dimulai saat titik Aries (γ) melewati derajat atas penilik. Perhitungan untuk waktu bintang (*) sebagai berikut: Waktu bintang (*) = Sudut Jam Barat Aries (γ) + Rambat lurus Aries (γ). Waktu bintang (*) dimulai pada saat titik Aries (γ) melewati derajat atas.

dd) Waktu matahari (Solar Time)

Waktu Matahari (\odot) sejati = Sudut Jam Barat matahari (\odot) sejati \pm 12 jam.

Menurut Soebekti (1979), matahari (\odot) sejati ialah: matahari yang sesungguhnya yang dapat dilihat dan dirasakan panasnya oleh manusia di bumi. Matahari sejati mempunyai kecepatan edar yang tidak konstan/tetap. Waktu Matahari (\odot) sejati ialah: waktu yang diatur menurut peredaran matahari sejati. Jam 00.00 ditentukan pada saat matahari berembang bawah dan jam 12.00 pada saat matahari berembang atas. Waktu berembang atas matahari, dalam almanak nautika disebut dengan nama MERIDIAN PASSAGE disingkat MER.PASS, dan dinyatakan dengan waktu menengah. Matahari (\odot) menengah ialah sebuah matahari khayalan yang beredar dengan kecepatan konstan. Matahari khayalan ini hanyalah benda angkasa khayalan yang tidak terlihat oleh siapapun.

Waktu matahari (\odot) menengah ialah waktu yang diatur menurut matahari menengah. karena kecepatan edar matahari menengah ini konstan, maka jalannya waktu menengah akan konstan pula, dengan demikian dapat digunakan sebagai dasar pembuatan jam waktu yang selalu digunakan oleh manusia ialah waktu menengah.

Waktu matahari (\odot) menengah = Sudut Jam Barat matahari (\odot) menengah \pm 12 jam.

$\frac{WS}{WM}$ dimulai pada saat $\frac{\odot \text{ sejati}}{\odot \text{ menengah}}$ melewati derajat bawah,
dihitung dari 00 sampai 24 jam

Dalam navigasi astronomi dikenal beberapa pengaturan waktu yaitu:

Local Mean Time (LMT) = Waktu menengah setempat.

Greenwich Mean Time (GMT) = Waktu Menengah Greenwich.

Standard Time = Waktu tolok (seperti WIB, WITA, WIT).

Zone Time = Waktu zone (dibagi dalam 24 zone) pada setiap 15° selisih bujur.

ee) Perataan waktu atau *Equation of Time*.

Waktu menengah tidak selalu sama dengan waktu sejati, selisihnya dikenal dengan nama perataan waktu atau *Equation of time*. Nilai perataan waktu ini dapat dilihat pada almanak nautika dibawah judul *Eqn of Time*, untuk tiap-tiap hari pada jam-jam 00.00 dan jam 12.00 waktu sejati (lihat halaman extract Almanak Nautika dalam lampiran).

Rumusnya sebagai berikut: Waktu sejati = waktu menengah + perataan waktu.

Contoh: Pada tanggal 10, 11 dan 12 Mei 2018, dari almanak nautica diperoleh data seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 7: Data perataan waktu (*Equation of time*) dan saat rembang matahari (*Mer.Pass*) tanggal 10, 11 dan 12 Mei 2018.

Day	SUN		
	Eqn.of Time		Mer.Pass
	00 ^h	12 ^h	
10	03:35	03:37	11:56
11	03:38	03:38	11:56
12	03:39	03:40	11:56

Penjelasan untuk pembacaan Mer. Pass pada tabel diatas, sebagai berikut:

Pada tanggal 10 Mei, matahari berembang atas jam 11.56 waktu menengah, sedangkan perataan waktu adalah 03^m 37^s yaitu 03 menit 37 detik.

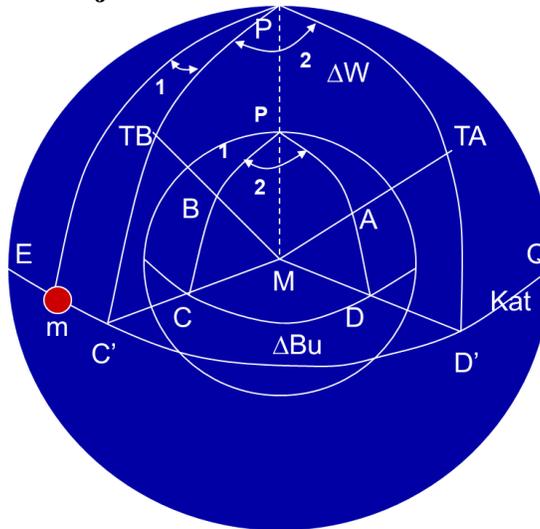
Pada tanggal 11 Mei, matahari berembang atas jam 11.56 waktu menengah, sedangkan perataan waktu adalah 03^m 38^s yaitu 03 menit 38 detik.

Mer.Pass yang diberikan dalam Almanak Nautika, dibulatkan sampai menit penuh. Waktu sejati pada saat matahari berembang atas yaitu jam 12.00 tepat. Karena perataan waktu 03^m 38^s, maka sebenarnya waktu menengah saat matahari berembang atas ialah jam 11^h 59^m 38^d yang kalau dibulatkan ke menit penuh menjadi jam 12.00

Disini waktu menengah = 11.56 dan waktu sejati 12.00 maka nilai perataan waktu ialah 3 menit 38^{detik}

Kita masukkan ke dalam rumus : waktu menengah + perataan waktu = waktu sejati; $11.56 + 3^m 38^{detik} = 11.59.38$ dibulatkan menjadi jam 12.00

ff) Selisih waktu = selisih bujur



Credit: Silvester

Gambar 46: Ilustrasi perhitungan selisih waktu = selisih bujur

Keterangan: M = Titik pusat bumi dan angkasa; titik A dan B = dua tempat di bumi; Normal MA dan MB memotong angkasa di titik TA dan TB; ⊙ m = matahari menengah berada di sebelah barat TB.

Rumus: Selisih waktu = Waktu menengah A – Waktu menengah B
 $= (SJB \odot A + 12) - (SJB \odot B + 12)$
 $= SJB \odot A - SJB \odot B$
 $= \angle P_{1,2} - \angle P_1$
 $= \angle P_2$
 $= \text{selisih bujur}$

Catatan:

1 jam waktu	= 15° selisih bujur	atau sebaliknya	60° bujur	= 4 jam waktu
1 menit waktu	= 15' selisih bujur		1° bujur	= 4 menit waktu
1 detik waktu	= 15" selisih bujur		1' bujur	= 4 detik waktu

gg) Waktu menengah setempat (Local Mean Time/LMT)

Menurut Soebekti (1979), waktu menengah setempat adalah waktu menengah yang menjadi dasar untuk suatu tempat jika Sudut Jam Barat (SJB) setempat (*LHA=Local Hour Angel*) dihitung ke arah barat, mulai dari derajat tempat tersebut.

Rumus: $LMT = LHA \odot \text{menengah} \pm 12 \text{ jam}$, atau “sebagian busur pada katulistiwa, mulai dari derajat bawah ke arah edaran harian maya, sampai pada matahari menengah”

Rumus:

$LMT = GMT + EL$ (*East Latitude* = Bujur Timur) dalam waktu.

$LMT = GMT - WL$ (*West Latitude* = Bujur Barat) dalam waktu.

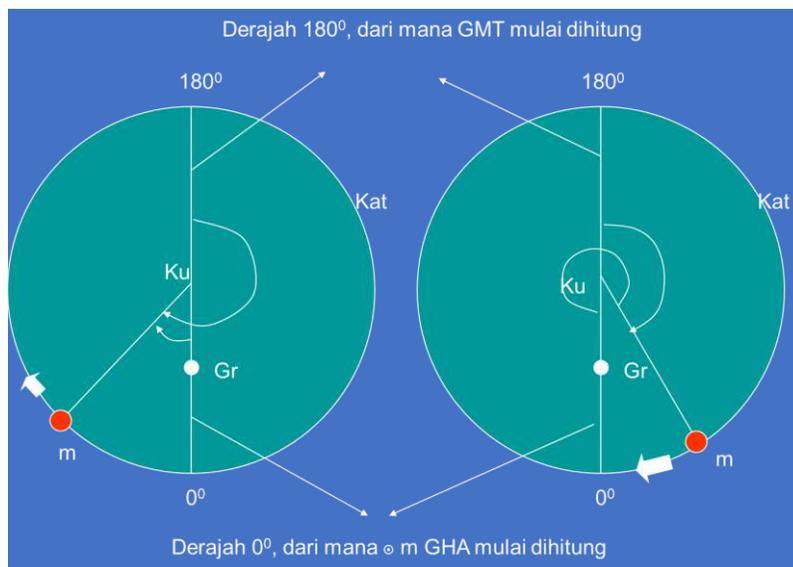
hh) Waktu Menengah Greenwich (GMT)

GMT adalah waktu menengah setempat pada derajat Greenwich (derajat 0 derajat).

Rumus: $(GMT = \odot m \text{ GHA} \pm 12 \text{ jam})$ dipakai sebagai argumen untuk masuk dalam almanak nautika.

LMT di Greenwich = 15.00 sedangkan $\odot m \text{ LHA} = 03 \text{ jam}$, jadi $GMT = \odot m \text{ GHA} + 12j$

LMT di Greenwich = 09.00 sedangkan $\odot m \text{ LHA} = 21 \text{ jam}$, jadi $GMT = \odot m \text{ GHA} - 12j$



Credit: Silvester

Gambar 47: Ilustrasi perhitungan jam GMT.

ii) Waktu Tolok (*Standard Time = ST*)

Waktu Tolok (*Standard Time = ST*) adalah waktu menengah yang berlaku bagi suatu wilayah negara, dan yang tidak selalu sama dengan waktu Mintakad (*Zone Time*), sehubungan dengan kepentingan lalu lintas di negara yang bersangkutan.

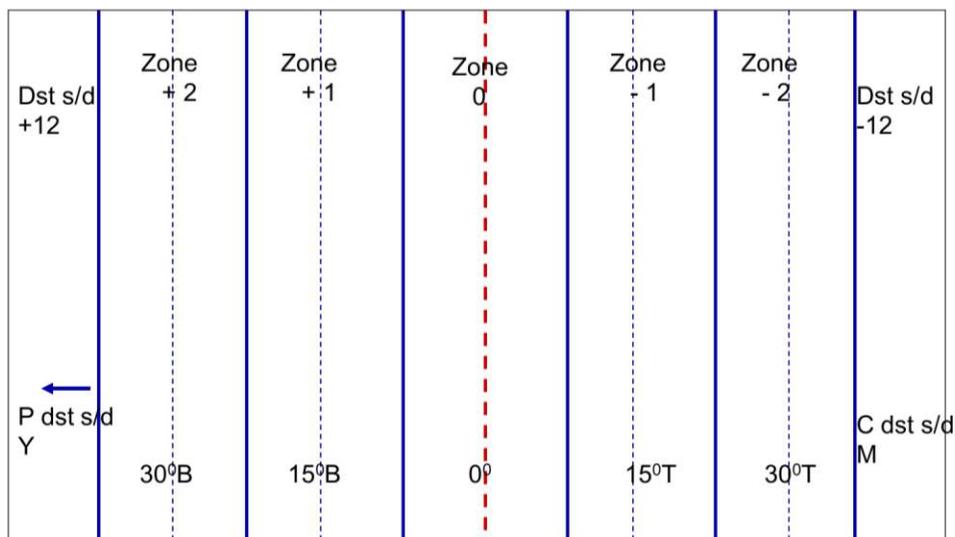
Dalam almanak nautika kita dapati untuk berbagai negara, jumlah waktu yang harus dijabarkan dengan tandanya pada waktu tolok, guna mendapatkan GMT. Untuk wilayah waktu Negara Kesatuan Republik Indonesia selisih waktu tolok dengan GMT sebagai berikut: WIB = GMT + 7 jam, WITA = GMT + 8 jam, dan WIT = GMT + 9 jam.

jj) Waktu Mintakad (*Zone Time = ZT*)

Waktu Mintakad adalah waktu menengah pada derajat pertengahan zone (derajah) yang bersangkutan. Bumi dibagi dalam 24 bagian yang dibatasi oleh lingkaran-lingkaran bujur dengan delta bujur 15°. Semua tempat di dalam satu zone mempunyai waktu yang sama, jika kapal melewati batas zone ia harus merubah waktunya satu jam penuh. Dengan demikian maka waktu di kapal berjalan menurut Waktu Mintakad. Zone-zone tersebut diberi nomor mulai dengan Zone Nol yang membentang 7,5 derajat sebelah menyebelah derajat nol di Greenwich. Zone (+) 1: 7,5 derajat sebelah menyebelah bujur 15° Barat, Zone (+) 2: berpusat pada bujur 30° Barat dan seterusnya.

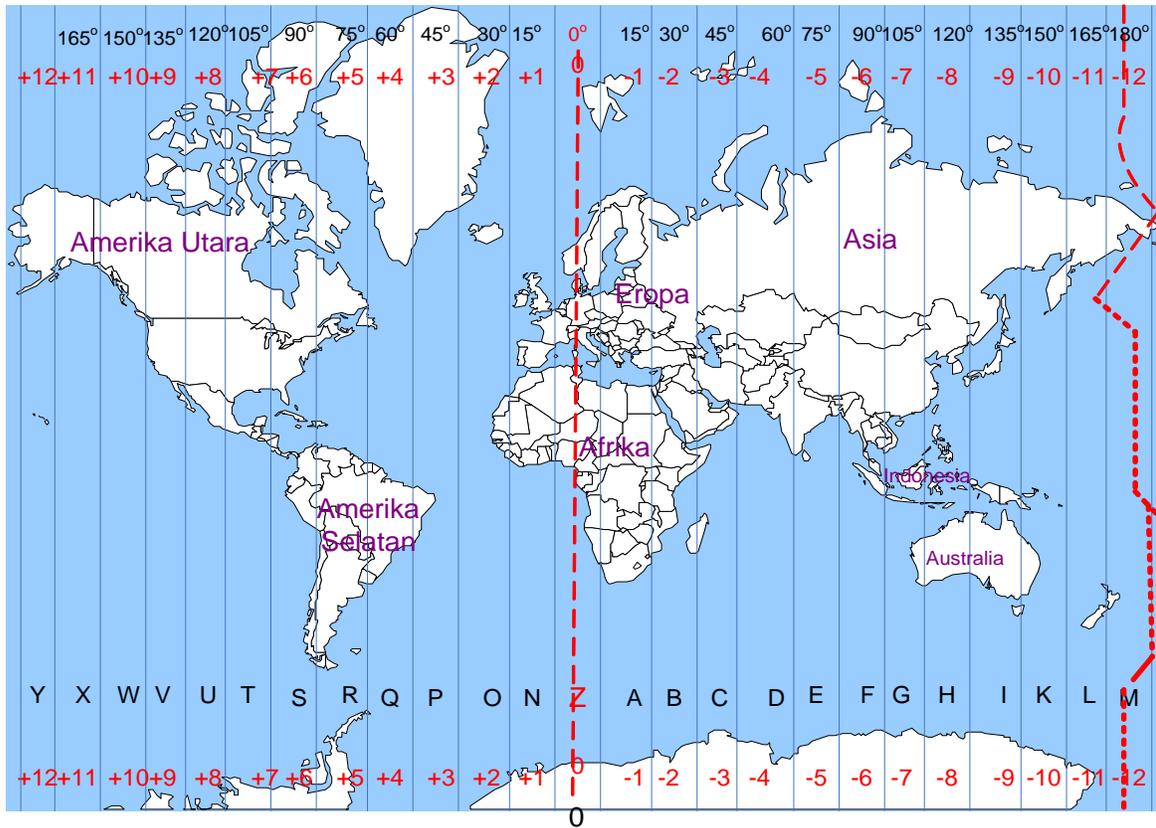
Zone-zone yang bersamaan ke arah Timur, diberi nomor (-)1, (-)2 dst. Zone yang ke 12 berpusat pada bujur 180° sebagian terletak di bujur Timur dan disebut Zone (-) 12 dan yang sebagian lagi di bujur Barat, yakni zone (+) 12.

Nomor-nomor dengan tandanya masing-masing itu disebut: *Zone Description (ZD)* dan bagi suatu tempat ia merupakan koreksi yang harus dijabarkan pada ZTnya guna mendapatkan GMT. ZD bagi suatu tempat di bumi dapat ditentukan dengan jalan membagi bujurnya dengan 15, dan dibulatkan menjadi jam penuh yang terdekat serta dibubuhi tandanya dengan benar BT (-) dan BB (+).



Credit: Silvester

Gambar 48: Batas-batas zone setiap 15° bujur di bumi.



Credit: Silvester

Gambar 49: Pembagian zone time secara garis besar di seluruh dunia

Menjabarkan ZT ke GMT dan sebaliknya. Untuk kepentingan ini jabarkanlah ZD pada ZT, sesuai dengan tandanya. Sebaliknya untuk mengubah GMT menjadi ZT, pakailah ZD dengan tandanya berlawanan.

Contoh 1: Carilah GMT, jika ZT pada bujur duga $129^{\circ} 52',5B$ adalah 08-37-20.

Jawab: ZT = 08-37-20.

ZD = (+) 9

GMT = 17-37-20

Contoh 2: Carilah ZT pada bujur duga $066^{\circ}23'T$, jika GMT adalah 03-25-26

Jawab: GMT = 03-25-26

ZD = (-) 4 -

ZT = 07-25-26

kk)Garis batas tanggal internasional.

Setiap 15° bujur suatu tempat yang terletak di sebelah timur dari Greenwich, maka LMT-nya adalah 1 jam lebih siang (+) dari GMT. Untuk tiap 15° bujur suatu tempat yang terletak di sebelah barat dari Greenwich, maka LMT-nya adalah 1 jam lebih pagi (-) dari

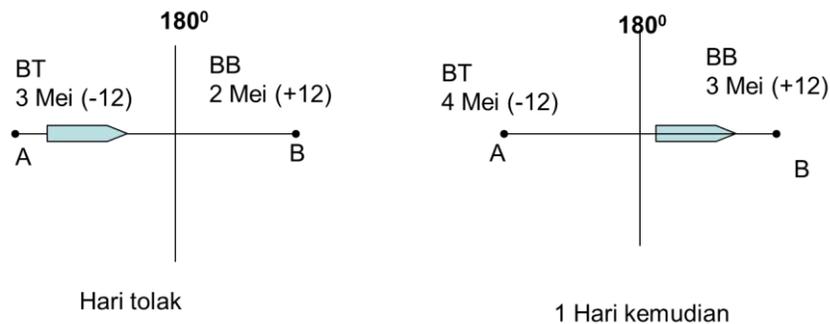
GMT. Apabila kita mencapai bujur 180° dari Greenwich ke arah Timur atau Barat, selalu kita dapati perbedaan waktu 24 jam (= 1 hari) antara ke dua tempat ini.

II) **Batas tanggal Nautik.**

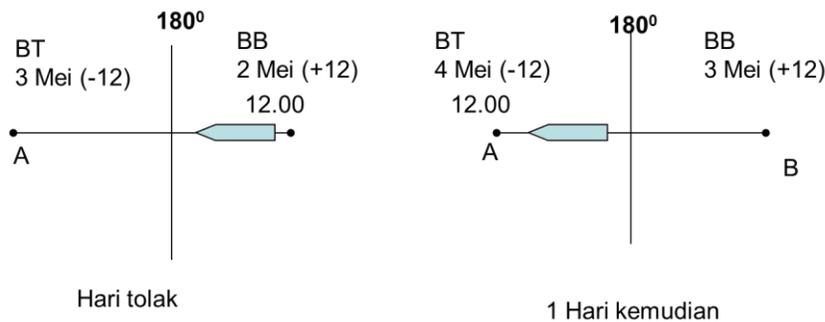
Lingkaran bujur 180° disebut Batas Tanggal Nautik. Garis batas tanggal nautik menggunakan tepat bujur 180° Timur/Barat, setiap kapal atau pesawat terbang yang melewati garis ini harus merubah tanggalnya 1 (satu) hari. Jika berlayar ke arah Timur serta melewati Batas Tanggal Internasional, yakni ketika beralih dari Bujur Timur ke bujur Barat, maka tanggal di kapal harus dikurangi (-) satu hari.

Jika berlayar ke arah Barat serta melewati Batas Tanggal Internasional, yakni ketika beralih dari bujur Barat ke bujur Timur, maka tanggal di kapal harus ditambah (+) satu hari.

Misalkan sebuah kapal bertolak pada siang hari tanggal 2 Mei dari A di bujur Timur untuk tiba di B di bujur barat, pada siang hari keesokannya, maka kita dapati ringkasan keadaannya seperti pada gambar berikut: *Haluan ke arah Timur*



Dalam buku harian kapal: sebagai tanggal tolak dari A dicatat 3 Mei, satu hari kemudian di B, kita harus mencatat sebagai tanggal tiba 3 Mei. Jadi tanggal 3 Mei itu dicatat dua kali. Apabila kita berlayar ke arah berlawanan, maka ilustrasi keadaannya seperti pada gambar berikut: *Haluan ke arah Barat*



Didalam buku harian kapal, akan dicatat sebagai berikut: Tanggal bertolak dari B dicatat 2 Mei, satu hari kemudian, tiba di A kita harus mencatat sebagai tanggal tiba 4 Mei. Jadi tanggalnya diloncati satu hari.

Contoh soal: Pada Pkl. 18.00 (ZT) tanggal 24 Juni, kapal berada di bujur duga $179^\circ 00' B$. sepuluh jam kemudian kapal tiba di bujur $179^\circ 00' T$. Hitunglah: ZT yang baru dan tanggalnya.

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab: Tolak ZT} &= 18-00 \text{ (24 Juni)} \\
 \text{ZD} &= +12-00 \quad + \\
 \text{GMT} &= 30-00 \text{ (24 Juni)} \\
 &= 06-00 \text{ (25 Juni)}
 \end{aligned}$$

lamanya berlayar = 10-00 +
 GMT = 16-00 (25 Juni)
 ZD = - 12-00 -
 Tiba = ZT = 28-00 (25 Juni)
 = 04-00 (26 Juni)

mm) **Batas Tanggal Sipil.**

Batas tanggal sipil menyimpang di sana sini dari Batas Tanggal Nautik. Arah garis batas tanggal sipil dibelokkan jika melewati daratan, misalnya Siberia Timur sampai Laut Bering menggunakan “tanggal Asia”, Kepulauan Fiji menggunakan “tanggal Australia”, kepulauan Aleut menggunakan “tanggal USA” (lihat gambar 51 berikut ini).



Credit: Silvester

Gambar 50: Garis batas tanggal nautik dan batas tanggal sipil

2. Penunjuk Pengukur waktu (*Chronometer*)

Sebagai penunjuk pengukur waktu (ppw) di kapal, biasanya menggunakan *Chronometer* dan waktu yang ditunjukkan adalah waktu GMT. Alat ini dipakai pada pengamatan benda angkasa untuk mencatat waktu pengamatan secara akurat. Ada dua macam bentuk *chronometer* yaitu *traditional marine chronometer* (mekanik) dan *chronometer* berbentuk *electronic quartz crystal chronometer*. *Chronometer* mekanik di kapal harus diputar setiap hari pada waktu yang sama, kemampuan putaran untuk menggerakkan alat tersebut adalah 56 jam (dapat dibaca pada

indicator), namun pada *quartz crystal chronometer* hal ini tidak lagi diperlukan bahkan beberapa kapal digabung sebagai *master clock* (jam induk) dengan beberapa *repeaters* di ruangan lainnya.

A. *Chronometer* tradisional

Biasanya *chronometer* diletakkan pada sebuah kotak khusus berkaca dan diikatkan pada sebuah cincin lenja yang memungkinkan untuk selalu dalam posisi mendatar. Kumparan baja harus tidak boleh mendapatkan medan magnet, karena itu *chronometer* harus disimpan pada tempat yang benar-benar bebas dari medan magnet, peralatan elektronik dan kabel listrik.

Menurut Pardi (1954), dalam Palumian (1985), penempatan sebuah *chronometer* sebagai berikut:

- Ditempatkan di kamar peta
- *Chronometer* disimpan di dalam kotak *chronometer* (kotakluar dikeluarkan) yang diisi dengan bantalan, supaya kotak tidak mudah bergeser
- Kotak *chronometer* harus jauh dari dinding bangunan deck dan lain-lain untuk menghindari getaran.
- Tempatnya tidak boleh basah, tidak boleh dekat dengan dynamo atau aliran listrik
- Selalu ditempatkan di tempat yang suhunya teratur.

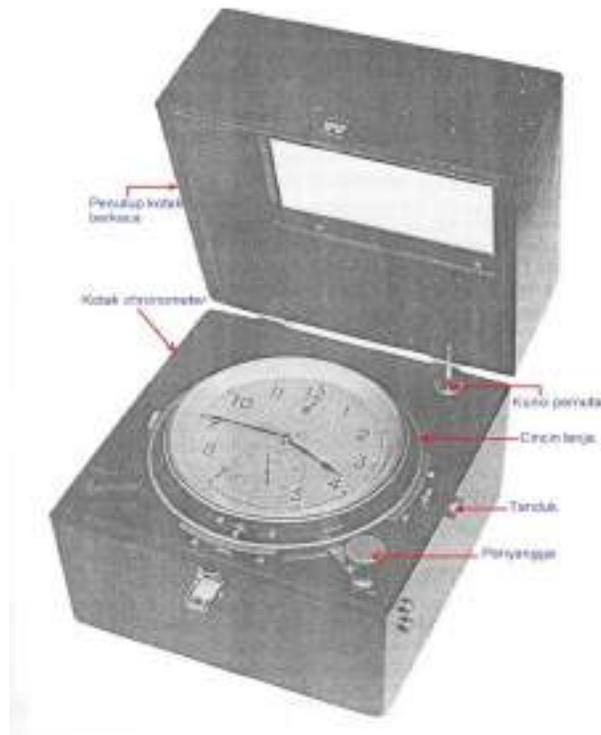


Photo credit: Nicholls

Gambar 51: *Chronometer* tradisional yang lebih modern lengkap dengan kotaknya

Menghidupkan *chronometer* tradisional

Peganglah *chronometer* dengan tangan. Sesuai dengan waktu yang disyaratkan, putarlah badan *chronometer* secara perlahan-lahan mengikuti putaran pergelangan tangan. Memulai menghidupkan *chronometer* mengikuti isyarat waktu (*time signal*). Cara menghidupkan sebuah *chronometer* saat berada di laut harus dimulai dengan urutan sebagai berikut:

- Bukalah kaca *chronometer* di depan anda (lihat gambar 52).

- Pasanglah kunci pemutar yang ada dalam “kotak” di tengah bagian menit.
- Dengan kunci pemutar, putarlah bagian menit hanya ke arah depan, Tetapkan jam dan menit sesuai dengan isyarat waktu berikutnya. **Jangan sekali-kali menyentuh bagian detik.**
- Tutuplah kaca *chronometer*.
- Diamkan *chronometer*, secara perlahan-lahan letakkan pada posisi “diam” untuk menghindari gangguan saat memulai (*starting*).
- Menunggu saat isyarat waktu dan saat mendengar siaran isyarat waktu, mulailah menghidupkan *chronometer* dengan memutar *chronometer* secara perlahan-lahan mengikuti gerakan pergelangan tangan (lihat penjelasan sebelumnya).
- Periksalah sesegera mungkin kesalahan (duduk) yang terjadi setiap hari melalui isyarat waktu setelah menghidupkan *chronometer*.

Memutar *chronometer* tradisional

Pada waktu memutar *chronometer* dapat dilakukan sebagai berikut:

- Balikkan *chronometer* ke arah bawah bagian melalui cincin lenja secara perlahan-lahan.
- Peganglah dengan kokoh melalui tangan kiri.
- Ambillah kunci pemutar (*winding key*) dengan tangan kanan.
- Gunakan satu jari pada tangan kiri, lalu buka penutup.
- Masukkan kunci pemutar dengan tangan kanan.
- Putarlah perlahan-lahan ke arah kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sambil menghitung jumlah putaran.
- Setiap dua hari *chronometer* harus diputar, kira-kira sama jumlahnya setiap kali memutar dan dibutuhkan sekitar 7½ kali putaran.
- *Chronometer* akan bekerja secara maksimal dengan periode waktu kira-kira 54 jam tanpa memutar ulang.

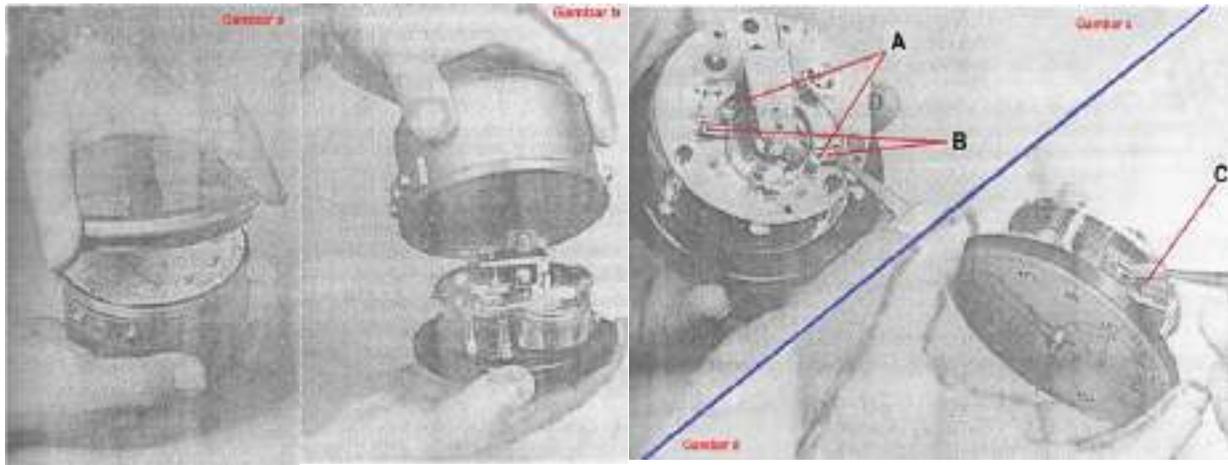


Photo credit: Nicholls

Gambar 52: Pada gambar a cara membuka katup pengaman (*bezel*), gambar b cara melepaskan mangkuk penutup (sungkup) dan memperlihatkan gerakan bagian-bagian *chronometer*, gambar c memperlihatkan palang pengunci gerigi pengimbang (*Balance Wheel Cross Bar*) (huruf A), cara melepaskan penyangga gerigi pengimbang (huruf B), gambar d cara melepaskan penyangga ketiga yang menggantung di gerigi (huruf C)

B. Quartz crystal *chronometer*

Secara umum quartz crystal *chronometer* relative lebih ringan dan mudah dibawa. *Chronometer* ini dibaluti dengan bahan yang tahan agar debu dan semburan air tidak masuk, kotaknya, digambarkan sebagai bahan yang harus melalui pengujian yang ketat untuk guncangan, getaran dan suhu yang ekstrim. Contoh pada gambar 53 menunjukkan *chronometer* yang memiliki cara penanganan yang cemerlang dan dioperasikan dengan dipenjet, ditempatkan dalam sebuah console atau kotak. Jenis *chronometer* ini digerakan dengan daya listrik sebesar 1,5 volt, dengan *battery* alkaline yang harus dipasang kembali paling kurang setahun sekali. *Battery* cadangan selalu disiapkan dalam kotak. Sama dengan *chronometer* tradisional, *chronometer* elektronik ini (*quartz crystal*) lebih kecil akurasi kesalahannya (duduk), diklaim sama perusahannya rata-rata stabilitas kesalahannya per hari adalah 0,1 detik.



Photo credit: Nicholls

Gambar 53: Sebuah *Quartz crystal chronometer* buatan Kevin Hughes type TC *Chronometer*



Photo credit: Nichols

Gambar 54: Kotak *chronometer* buatan Kevin Hughes, *battery* cadangan yang dapat dilepas

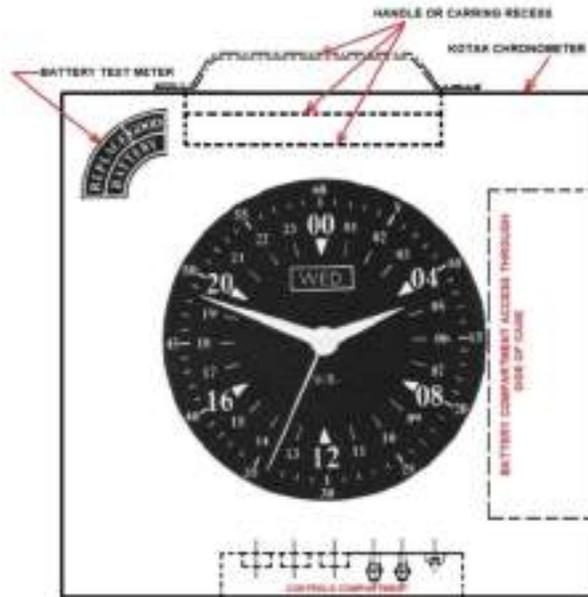


Photo credit: Bowditch

Gambar 55: Sketsa tampak dari atas sebuah *Quartz crystal chronometer*

Memulai menghidupkan *Quartz crystal chronometer* (buatan Kevin Hughes) mengikuti isyarat waktu (*time signal*), menurut Coolen (1987) sebagai berikut:

- Lepaskan *chronometer* dari kotak.
- Tekan tombol “*stop*”.
- Tarik keluar tombol “*hand set*” dan putar perlahan-lahan ke arah yang ditunjuk lalu tetapkan ke waktu yang akan disiarkan melalui isyarat waktu berikutnya. Lepaskan tombol “*hand set*”.
- Menunggu isyarat waktu dan pada saat siaran terdengar, lepaskan tombol “*stop*”.
- Pasang kembali *chronometer* dan kancing ulang secara erat sekrup yang ada di belakang piringan.
- Periksa sesegera mungkin kesalahan (duduk) yang terjadi melalui isyarat waktu setelah menghidupkan *Quartz crystal chronometer*.

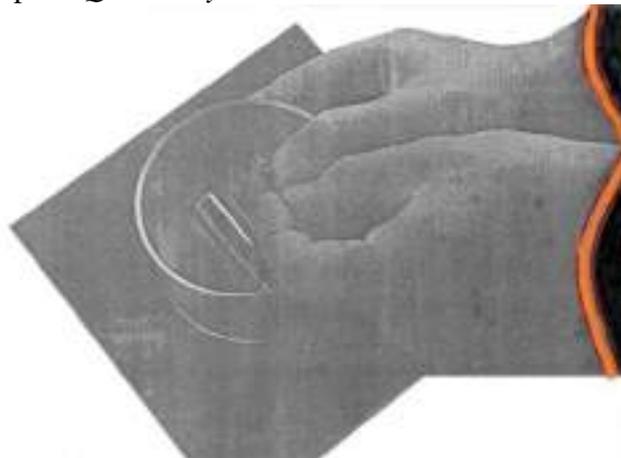


Photo credit: Nicholls

Gambar 56: Tekan kebawah tombol “*stop*” (gunakan jempol kanan) dan operasikan tombol “*hand set*” (gunakan jempol dan telunjuk kiri)

Pemasangan ulang *battery*

- Lepaskan rakitan *chronometer*.
- Lepaskan *battery* lama yang terbawa selama beberapa waktu dalam kotak.
- Gunakan label *battery* yang ditetapkan, lepaskan pembungkus *battery*.
- Gantilah *battery* tersebut dan segera buanglah *battery* yang lama.
- Masukkan *battery* kedalam tempatnya secara perlahan dan catatlah tanggal memasukkan *battery* baru di tempat yang tersedia.
- Pasang ulang *chronometer* tersebut, dengan memutar erat skrup yang ada di belakang kotak.
- Periksa ulang kesalahan (duduk) sesegera mungkin.

Beberapa istilah terkait dengan kesalahan (koreksi) *chronometer* menurut Soebekti (1979), sebagai berikut:

- **Duduk** pengukur waktu (***Chronometer Error = CE***): selisih waktu antara ppw dan GMT atau jumlah waktu yang harus dijabarkan pada ppw untuk mendapatkan GMT. Selaras dengan perkembangan ilmu pengetahuan modern, sistematis pengukur waktu yang tradisional (mekanis) telah digantikan oleh pengukur waktu quartz. Disini dipakai kristal quartz yang sangat tipis, untuk lebih menjamin kestabilan frekuensi oscilator elektronik. Stabilitas pengukur waktu (*chronometer*) yang lebih modern ini jauh melampaui rancangan pengukur waktu mekanis (tradisional) yang lama. Nilai langkah harian sangat kecil, yaitu lebih kecil dari 0,01 detik terhadap langkah harian rata-rata (0,2 detik tiap hari). Navigator tidak perlu memutar jarum *chronometer* untuk menghilangkan duduk, tetapi cukup mencatat secara teliti besarnya duduk tersebut setiap hari dengan cara membandingkan waktu memakai isyarat waktu (*time signal*), yang dipancarkan oleh station radio tertentu. Duduk disebut positif (+) jika ppw lebih lambat dari GMT dan disebut negatif (-) jika lebih cepat dari GMT. Harus selalu dinyatakan < 6 jam, artinya duduk (+) $8^j-20^m-00^s$, harus ditulis: (-) $3^j-40^m-00^s$.
- **Lalu** pengukur waktu (***chronometer rate***): jumlah waktu perubahan dalam duduk, selama jangka waktu tertentu, yang tidak sama dengan 1 hari (24 jam). Lalu disebut positif (+) jika pengukur waktu berjalan lambat (*losing*), lalu disebut negatif (-) jika pengukur waktu berjalan cepat (*gaining*).
- **Langkah** pengukur waktu (***daily rate***): Jumlah waktu perubahan dalam duduk selama 1 hari (24 jam). Langkah disebut positif (+) jika pengukur waktu berjalan lambat (*losing*), langkah disebut negatif (-) jika pengukur waktu berjalan cepat (*gaining*).

Rumus untuk menentukan duduk, lalu dan langkah:

$$\text{GMT} = \text{ppw} + \text{ddk}$$

$$\text{Ddk} = \text{GMT} - \text{ppw}$$

<1 hari atau> 1 hari, dihitung sebagai berikut:

$$\text{lalu} = \text{duduk baru} - \text{duduk lama}$$

$$\text{duduk baru} = \text{duduk lama} + \text{lalu}$$

Dalam 1 hari, dihitung sebagai berikut:

$$\text{langkah} = \text{duduk baru} - \text{duduk lama}$$

$$\text{duduk baru} = \text{duduk lama} + \text{langkah}$$

3. Menentukan duduk dan Langkah.

Duduk dan langkah ditentukan dengan pertolongan isyarat waktu radio (*Radio Time Signal*) pada jam GMT yang telah ditentukan. Selisih antara GMT yang sebenarnya dengan ppw memberikan duduknya. Di Indonesia, waktu penyiaran Radio Jakarta setiap hari pkl. 00.55 s/d 01.00 GMT (= pkl 07.55 s/d 08.00 WIB). Skema penyiaran dengan sistem “ONOGO”.

Pada umumnya duduk dan langkah ditentukan melalui isyarat-isyarat waktu radio. Suhu udara merupakan faktor utama yang mempengaruhi pembagian waktu yang pendek, sehingga langkah pengukur waktu akan membesar, jika suhu udara semakin naik. Langkah konstan pada pengukur waktu yang baik merupakan ciri-ciri yang penting, karena memungkinkan navigasi aman dalam pelayaran yang panjang tanpa tergantung pada isyarat-isyarat waktu.

Skema penyiaran “Sistem ONOGO”

CQ (3x) de PLC/PKI

● ● ● ● ● ● ● ● ● ● (titik setiap sekon)

————— = 00.57.00 GMT.

X — ● ● — (5 x)

● ● ● ● ● ● ● ● = 00.58.00 GMT.

N — ● (5x)

● ● ● ● ● ● ● ● = 00.59.00 GMT.

G — — ● (5 x)

● ● ● ● ● ● ● ● = 01.00.00 GMT.

Selain langkah tersebut harus sekecil mungkin, yang lebih penting lagi adalah konsistensinya. Langkah dapat ditentukan dengan pencocokan isyarat waktu radio yang ditilik dalam selang waktu beberapa hari tertentu.

4. Perhitungan pencarian waktu

Contoh 1: Isyarat waktu radio (Jakarta) diberikan pada tiap pkl.08.00 WIB. Tanggal 10 Mei: isyarat ditilik pada ppw = 01-35-20, tanggal 13 Mei: isyarat ditilik pada ppw = 01-35-26. Hitunglah: a. Kedua duduk pada saat tersebut dan langkahnya.

b. Duduk pada 07 GMT, 14 Mei

Jawab:

10 Mei: WIB = 08-00-00

13 Mei: WIB = 08-00-00

Δ tolok = - 7-00-00 +

Δ tolok = - 7-00-00 +

GMT = 01-00-00

GMT = 01-00-00

ppw 1 = 01-35-20 -

ppw 2 = 01-35-26 -

a). Ddk 1 = (-)0-35-20

ddk 2 = (-) 0-35-26

ddk 1 = (-) 0-35-20 -

Lalu dalam 3 hari = (-) 6^s

Langkah 1/3 x (-)6^s = (-)2^s

b). Ddk 01 GMT, 13 Mei = (-) 0-35-26

Lalu = 1 6/24 hari x (-) 2s = (-) 02,5 +

Jadi duduk 07.GMT, 14 Mei = (-) 0-35-28,5.

Contoh 2: Di suatu tempat, pada bujur $80^{\circ}00' B$, isyarat waktu radio diberikan pada tiap pkl. 08-00 ZT. Tanggal 20 Juni: isyarat ditilik pada ppw = 12-36-27. Tanggal 27 Juni: isyarat ditilik pada ppw = 12-36-06. Hitunglah: langkah harian dan duduk pada 01 GMT, 28 Juni.

Jawab:

$\begin{array}{r} 20 \text{ Juni: ZT} = 08-00-00 \\ \underline{\text{ZD} = (+) 5} + \\ \text{GMT} = 13-00-00 \\ \text{ppw 1} = 12-36-27 - \\ \text{a). Ddk 1} = (+) 0-23-33 \end{array}$	$\begin{array}{r} 27 \text{ Juni: ZT} = 08-00-00 \\ \underline{\text{ZD} = (+) 5} + \\ \text{GMT} = 13-00-00 \\ \text{ppw2} = 12-36-06 - \\ \text{ddk 2} = (+) 0-23-54 \\ \underline{\text{ddk 1} = (+) 0-23-33 -} \\ \text{lalu dalam 7 hari} = (+) 21s \\ \text{jadi langkah: } 1/7 \times (+) 21s = (+) 3s \\ \text{b). Ddk 13 GMT 27 Juni} = (+) 0-23-54 \\ \text{lalu } 12/24 \text{ hr} \times (+) 3s = (+) \underline{01,5} + \\ \text{Jadi ddk 01 GMT, 28 Juni} = (+) 0-23-55,5 \end{array}$
--	--

- **Menentukan GMT.**

Pengukur waktu hanya berjalan sampai 12 jam, sehingga ia tidak dapat menunjukkan apakah di Greenwich itu pagi atau sore, serta tanggal berapa di Greenwich itu. Dengan pertolongan tanggal, waktu di kapal atau bujur duga, kita dapat memeriksanya bahwa GMT yang diperoleh adalah pagi ataupun sore serta tanggal berapa di Greenwich itu.

Contoh 1:

Pada tanggal 9 Maret 2018 di bujur duga $126^{\circ} 08' T$ kira-kira pkl 07.15 waktu di kapal, diadakan pengamatan matahari pada ppw = 10-14-32. Duduk pada 01 GMT, 6 Maret = (+) 0.22.17. Langkah harian = (-) 2,0 sekon. Hitunglah GMT dan tanggal ketika pengamatan.

Jawab: Wkt duga di kapal	= 07.15.00	9 Maret
BT dlm wkt	= <u>08.24.32</u> -	
GMT duga	= 22.50.28	8 Maret
ppw	= 10.14.32	
Ddk 01 GMT, 6Mrt	= <u>(+)0.22.17</u> +	
GMT mendekati	= 22.36.49	8 Maret
Lalu $2 \frac{22}{24} \text{ hr} \times (-) 2^s = (-) 05,8$		
GMT	= 22.36.43,2	8 Maret

Contoh 2: Pada tanggal 20 Januari 2018 di bujur duga $154^{\circ} 30' B$, kira-kira pkl 20.10ZT diadakan pengamatan* pada ppw = 07.20.26. Duduk pada 19 GMT, 17 Januari = (+) 0.11.28. Langkah harian = (+) 3,0 sekon. Hitunglah GMT dan tanggal ketika pengamatan tersebut!

Jawab: ZT di kapal	= 20.10.00	20 Januari
ZD	= <u>(+) 10</u>	
GMT duga	= 06.10.00	21 Januari
ppw	= 07.20.26	
Ddk 19 GMT, 17Jan	= <u>(+)0.11.18</u>	
GMT mendekati	= 07.31.44	21 Januari
Lalu $3 \frac{12}{24} \text{ hr} \times (+) 3^s = (+) \underline{10,5}$		
GMT	= 07.31.54,5	21 Januari

Test Formatif 5.

Setelah anda membaca kegiatan belajar 5, bacalah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini, kemudian berikan jawaban sesuai dengan pemahaman yang benar :

A. Pilihan Ganda (jawablah dengan memberi tanda silang pada pilihan jawaban yang benar)

1. Waktu bintang (*) = Sudut Jam Barat Aries (γ), dimulai saat titik Aries (γ) melewati:
A. Derajah atas penilik
B. Katulistiwa
C. Jajar
D. Derajah Greenwich
2. Waktu yang diatur menurut peredaran matahari sejati disebut:
A. Venus
B. Bumi
C. *Merkurius*
D. Waktu Matahari (\odot) sejati
3. Waktu berembang atas matahari, dalam almanak nautika disebut dengan:
A. Mer.Pass.
B. Waktu menengah
C. Waktu setempat
D. Waktu sejati
4. Matahari khayalan yang beredar dengan kecepatan konstan, disebut:
A. Matahari (\odot) sejati
B. Matahari (\odot) menengah
C. Matahari (\odot) terbit
D. Matahari (\odot) berembang
5. Waktu menengah yang menjadi dasar untuk suatu tempat jika Sudut Jam Barat (SJB) setempat (*LHA=Local Hour Angel*) dihitung ke arah barat, mulai dari derajat tempat tersebut, adalah:
A. Waktu menengah setempat
B. Waktu matahari sejati
C. Waktu mintakad
D. Waktu GMT
6. Waktu menengah yang berlaku bagi suatu wilayah negara, dan yang tidak selalu sama dengan waktu Mintakad (*Zone Time*), disebut:
A. Waktu GMT
B. Waktu matahari berembang
C. Local time
D. Waktu Tolok (*Standard Time = ST*)
7. Pada tanggal 24 Mei 2018 jam 23.05 dari bujur $169^{\circ} 15' T$, kapal berlayar sejauh 700 mil dengan kecepatan 14 knot, tiba di bujur $176^{\circ} 30' B$. Hitung tanggal dan jam tiba kapal disebut:
A. 24 Mei jam 20.30
B. 25 Mei jam 20.03
C. 26 Mei jam 10.17
D. 27 Mei jam 01.05
8. Pada tanggal 12 Juli 2018 jam 18.00 waktu mintakat kapal berada pada bujur $178^{\circ} B$, kemudian berlayar selama 14 jam dan tiba pada $179^{\circ} T$. Hitunglah tanggal dan jam berapa kapal tiba:
A. Jam 08.00 tanggal 12 Juli
B. Jam 08.00 tanggal 13 Juli
C. Jam 08.00 tanggal 14 Juli
D. Jam 08.00 tanggal 15 Juli
9. Yang dimaksud dengan duduk dari pengukur waktu adalah jumlah waktu yang harus ditambahkan pada ppw untuk mendapatkan waktu:
A. GMT
B. Mintakad
C. Menengah
D. Tolok
10. Pada tanggal 14 Juni 2018, pkl. 08.30 diadakan pengukuran benda angkasa pada ppw = 06-27-23, bujur duga $123^{\circ} 37' B$, duduk (-) 02-18-13, Hitunglah GMT sejati:
A. 12-09-20
B. 14-09-20
C. 15-09-20
D. 16-09-10

B. Benar – Salah

Jawablah dengan membuat tanda silang pada huruf B (jika benar) atau S (jika salah) sesuai dengan pernyataan yang ada.

1. Waktu matahari (\odot) menengah = Sudut Jam Barat matahari (\ominus) menengah \pm 12 jam (B-S)
2. *Zone Time* = Waktu zone (dibagi dalam 12 zone) pada setiap 15° selisih bujur. (B – S)
3. Untuk mengubah GMT menjadi ZT, pakailah ZD dengan tandanya yang sama. (B – S)
4. Apabila kita mencapai bujur 180° dari Greenwich ke arah Timur atau Barat, selalu kita dapati perbedaan waktu 12 jam antara ke dua tempat ini (B – S)
5. Jika berlayar ke arah Barat serta melewati Batas Tanggal Internasional, yakni ketika beralih dari bujur Barat ke bujur Timur, maka tanggal di kapal harus ditambah (+) satu hari. (B – S)
6. Sebagai penunjuk pengukur waktu (ppw) di kapal, biasanya menggunakan *Chronometer* dan waktu yang ditunjukkan adalah waktu local/setempat. (B – S)
7. Jumlah waktu perubahan dalam duduk, selama jangka waktu tertentu, yang tidak sama dengan 1 hari (24 jam) disebut duduk. (B - S)
8. Jumlah waktu Perubahan dalam duduk selama 1 hari (24jam) disebut Langkah. (B - S)
9. Selisih waktu antara ppw dan GMT atau jumlah waktu yang harus dijabarkan pada ppw untuk mendapatkan GMT, disebut duduk. (B – S)
10. Rumus umum untuk menentukan duduk, lalu dan langkah adalah $GMT = ppw + ddk$ (B – S)

Catatan:

Untuk menyelesaikan soal-soal diatas gunakan Almanak Nautika tahun 2018, yang dapat di-google dari website: <https://www.thenauticalalmanac.com>

Peserta didik dapat juga menggunakan almanac nautika tahun 2019, 2020 dan tahun selanjutnya untuk menambah pengetahuan.

BAB VI

MENGHITUNG SAAT MATAHARI BEREMBANG DAN MENENTUKAN POSISI KAPAL DENGAN LINTANG TENGAH HARI



Credit: <https://pxhere.com/es/photo/729172>

Menghitung saat matahari berembang dan menentukan posisi kapal dengan lintang tengah hari

Pengamatan benda angkasa pada navigasi astronomi dapat dilakukan setiap saat dengan memperhatikan keadaan tepi langit, kedudukan benda angkasa dan kondisi cuaca pada saat itu. Salah satu momentum yang terbaik antara lain pada waktu matahari terbit (*sun rise*) dan saat matahari terbenam (*sun set*) dimana tepi langit tampak cukup jelas, maupun saat benda angkasa berada di meridian penilik atau lazim disebut berembang.

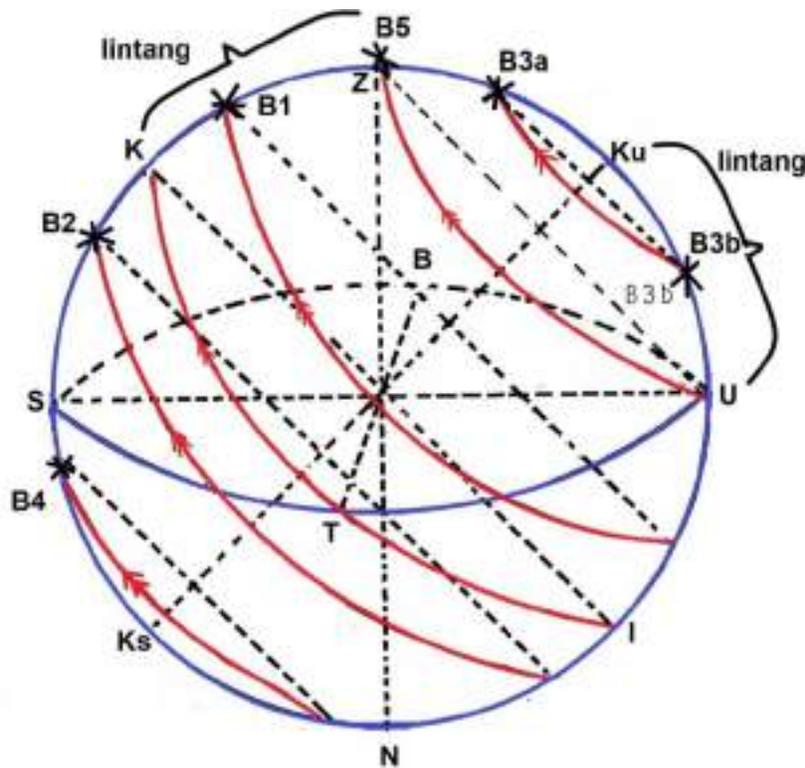
1. Rumus dasar titik lintang berembang benda angkasa

Menurut Soebekti (1979), perhitungan titik lintang berembang adalah:

Lintang = zawal - N (jarak puncak) atau digunakan rumus sebagai berikut:

$$l \pm z = 90^\circ - ts$$

Penjabaran rumus perembangan untuk beberapa kedudukan benda angkasa dapat dilihat pada gambar 58 berikut ini.



Credit: Silvester

Gambar 57: Beberapa kedudukan benda angkasa yang sedang berembang di lintang utara
Keterangan:

- a. Benda angkasa B1.

KB1 = zawal benda angkasa (utara); SB1 = tinggi sejati benda angkasa; US = azimuth benda angkasa (180°).

Karena lintang dan zawal senama dan lintang > zawal maka:

$$L - z = 90^\circ - ts$$

Bukti lukisan: $KZ - KB1 = SZ - SB1$
 $B1Z = B1Z$

b. Benda angkasa B2.

$KB2 =$ zawal benda angkasa (selatan); $SB2$ tinggi sejati benda angkasa; $US =$ azimuth benda angkasa (180°).

Karena lintang dan zawal tidak senama, maka:

$$L + z = 90^\circ - ts$$

Bukti lukisan: $KZ + KB2 = SZ - SB2$

$$ZB2 = ZB2$$

c. Benda angkasa B3a.

$KB3a =$ zawal benda angkasa (utara); $UB3a =$ tinggi sejati benda angkasa waktu rembang atas; $U =$ azimuth benda angkasa (000°).

Karena lintang dan zawal senama, $z > l$, maka: $z - l = 90^\circ - ts$

Bukti lukisan: $KB3a - KZ = UZ - UB3a$

$$UKu = KZ$$

$$ZB3a = ZB3a$$

d. Benda angkasa B3b.

$IB3b =$ zawal benda angkasa (utara); $UB3b =$ tinggi sejati benda angkasa waktu rembang bawah (benda angkasa simkumpolair atas); $U =$ azimuth benda angkasa (000°).

Karena perembangan bawah, maka: $l + z = 90^\circ + ts$

Bukti lukisan: $NI + IB3b = NU + UB3b$

$$UKu = KZ = NI$$

$$NB3b = NB3b$$

e. Benda angkasa B4.

$KB4 =$ zawal benda angkasa (selatan)

$=$ tinggi sejati benda angkasa tidak ada karena tidak muncul diatas cakrawal (b.a sirkumpolair bawah). Benda angkasa B4 tidak dapat diobservasi oleh penilik.

f. Benda angkasa B5.

$KB 5 =$ zawal benda angkasa (utara)

$= KZ = UKu$ (lintang penilik)

SZ atau $UZ =$ tinggi sejati benda angkasa

Azimuth benda angkasa tak terhingga, karena dapat dibaring ke segala arah.

Rumus dapat disederhanakan:

$$L - z = 90^\circ - ts$$

$$0^\circ = 90^\circ - ts, l \text{ dan } z \text{ sama dan senama}$$

$$Ts = 90^\circ.$$

Catatan:

(1) Pada saat ini lintang proyeksi bumiawi = zawal benda angkasa = lintang penilik.

(2) Jajar tinggi sangat kecil, atau merupakan sebuah titik.

(3) Memerlukan cara observasi khusus dengan perhitungan waktu *Mer.Pass*.

2. Menghitung waktu rembang benda angkasa untuk matahari.

a. Waktu rembang matahari.

Perembangan matahari merupakan observasi khusus yang dilakukan oleh navigator pada saat matahari berada di meridian atas si penilik (rembang atas), dengan kombinasi garis-garis tinggi matahari yang didapat sebelum atau sesudahnya. Di kapal lebih dikenal dengan istilah

Mer.Pass (*Meridian Passage*) dikaitkan dengan posisi tengah hari (*noon position*) yang merupakan patokan dalam laporan posisi, perhitungan kecepatan dan jarak. Secara empiris menunjukkan bahwa saat *Mer.Pass* tidak selalu tepat jam 12.00 (posisi noon), sehingga diperlukan pergeseran maju atau mundur dari posisi *Mer.Pass* ke posisi noon. Hal ini juga merupakan patokan untuk memajukan atau memundurkan jam di kapal, disesuaikan dengan posisi bujur kapal pada saat itu.

Untuk dapat menentukan saat \odot (matahari) berembang, ialah dengan pertolongan *Mer.Pass*. yang tertera pada tiap halaman harian almanak Nautika. *Mer.Pass* ialah perembangan matahari pada derajat *Greenwich* (derajah nol), namun dapat dipakai pada setiap derajat *Local Mean Time (LMT)*. Jadi waktu yang ditunjukkan oleh *Mer.Pass* adalah waktu menengah di *Greenwich*.

Apabila kita hendak mencari waktu perembangan pada derajat suatu tempat, maka bujur tempat tersebut dirubah menjadi waktu kemudian dikurangkan/ditambahkan pada *Mer.Pass*. Apabila bujur Timur dikurangkan dan apabila bujur Barat ditambahkan, dan hasilnya adalah perembangan ditempat tersebut menurut GMT.

Menghitung waktu rembang matahari dapat dilakukan dengan 3 (tiga) cara, yaitu:

(1) Memakai rumus dasar $LHA \odot = GHA \odot \pm BT/BB$.

Misalnya seorang penilik berada pada bujur $073^{\circ} T$ pada tanggal 10 Januari 2018. Jika matahari berembang berarti matahari (\odot) berada di meridian penilik yaitu $073^{\circ} T$ dan $LHA \odot = 360^{\circ}$.

$$LHA \odot = GHA \odot + BT$$

$$360^{\circ} = GHA \odot + 073^{\circ} \dots\dots\dots GHA \odot = 287^{\circ}$$

Lihat almanak nautika untuk tanggal 10 Januari 2018, pada nilai GHA matahari (\odot).

$$GHA \odot = 287^{\circ}$$

$$GHA \odot = \underline{283^{\circ} 08',4} - \text{ pada jam} = 07.00.00 \text{ GMT}$$

$$\text{Incr} = 3^{\circ} 51,6 \qquad \qquad \qquad = \underline{00-15-24,6} \text{ (10 Jan)}$$

$$\odot \text{ berembang di bujur } 073^{\circ} T \qquad \qquad \qquad = \underline{07-15-24,6} \text{ GMT}$$

$$\text{Bujur dlm wkt (bdw)} \qquad \qquad \qquad = \underline{04-52-00} +$$

$$\odot \text{ berembang di bujur } 073^{\circ} T \qquad \qquad \qquad = 12-07-24,6 \text{ LMT (10 Jan 2018)}$$

(2) Memakai perataan waktu (*equation of time*)

Data perataan waktu dapat diperoleh dalam almanac nautika untuk matahari setiap hari 00^h dan 12^h .

Contoh soal seperti pada cara (1)

$$\text{Rembang matahari di bujur } 073^{\circ} T \qquad \qquad \qquad = 12-00-00 \text{ (10 Jan)}$$

$$\text{BT dlm waktu} \qquad \qquad \qquad = \underline{04-52-00} -$$

$$\text{GMT mendekati} \qquad \qquad \qquad = 07-08-00 \text{ (10 Jan)}$$

$$\text{Equation of time: } 00h = 07 \text{ m } 17 \text{ s}$$

$$12h = 07 \text{ m } 29 \text{ s} \dots\dots\dots \text{selisih } 12s \text{ dalam } 12 \text{ jam}$$

$$\Delta e = 7/12 \times 12s = 7s$$

$$\text{Jadi nilai equation of time} = 07m \ 17s + 7s = 07m \ 24s$$

$$\text{Rembang } \odot \text{ di bujur } 073^{\circ} T = 12-00-00$$

$$\text{Equation of time} \qquad \qquad \qquad = \underline{07-24} +$$

$$\text{Rembang } \odot \text{ di bujur } 073^{\circ} T = 12- 07-24 \text{ (LMT 10 Jan)}$$

(3) Memakai data *Meridian Passage (Mer.Pass)*

Misalnya waktu kapal memakai Zone Time = GMT + 5 jam
Data almanak nautika, *Mer.Pass* = 12-08.00 LMT (10 Jan 2018)
BT dlm waktu = 04-52-00 -
GMT = 07-16-00
Zone Time = 05-00-00 +
Rembang \ominus di bujur 073° T = 12-16-00 LMT (10 Jan 2018)

Contoh lain:

Pada tanggal 25 Januari 2018, bujur duga pada waktu tengah hari $106^\circ 47',5$ T. Waktu di kapal berjalan sesuai WIB. Jam berapa \ominus akan berembang menurut WIB.

Jawab:

Mer. Pass = 12.12.00 (LMT)
BT.dlm wkt. = 07.07.10 -
GMT = 05.04.50
 Δ tolok WIB = 07.00.00 +
Saat \ominus berembang = 12.04.50 (WIB)

Catatan: Cara ke (3) lebih banyak digunakan dalam praktek pengamatan perembangan matahari di atas kapal.

Untuk menyelesaikan soal-soal diatas gunakan Almanak Nautika tahun 2018, yang dapat di-google dari website: <https://www.thenauticalalmanac.com>

Peserta didik dapat juga menggunakan almanac nautika tahun 2019, 2020 dan tahun selanjutnya untuk menambah pengetahuan.

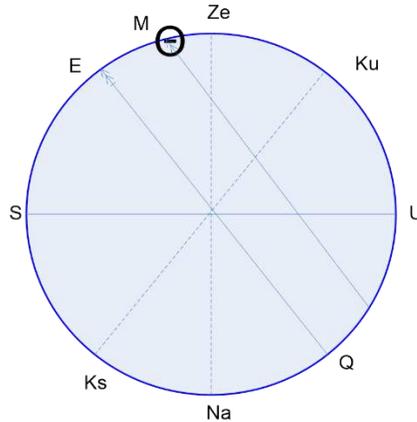
b. Mengukur tinggi matahari pada waktu tengah hari

- Pada waktu tengah hari matahari (\odot) mencapai tinggi yang terbesar (berkulminasi atas). Untuk mengukur tinggi matahari saat berembang, bersiaplah 1/4jam sebelumnya untuk mengikuti naik/turunnya matahari didekat derajah.
- Tentukanlah koreksi indeks, pasanglah kaca-kaca berwarna untuk mengurangi silau dari matahari dan selanjutnya lihatlah matahari melalui teropong yang telah distel menurut kekuatan mata kita.
- Dengan sekerup jepit, geserlah alhidade dari kedudukan nol sedemikian rupa sehingga bayangan matahari tetap nampak pada cermin kecil.
- Apabila bayangan matahari pada cermin sudah dekat dengan tepi langit, lepaskan sekerup jepit dan kemudian gunakan tromol untuk menaruh tepi bawah matahari, tepat menyinggung tepi langit. Apabila matahari masih naik, kita putar tromol sehingga tepi matahari tetap menyinggung tepi langit.
- Jika matahari tidak lagi naik, itu berarti bahwa matahari sudah mencapai tinggi yang terbesar. Pada saat itu matahari mulai akan turun, dan pembacaan pada saat tersebut adalah tinggi yang terbesar (matahari berembang).
- Kemudian setelah t_u tepi bawah matahari (\odot t_u) dikoreksi dengan KI. Datar V dan koreksi tanggal, kita peroleh t_s pusat matahari (\odot t_s). Kemudian hasil akhir ini dikurangkan dari 90° untuk memperoleh jarak puncak matahari (N).
- Jarak puncak = $90^\circ - t_s$ pusat \odot
$$N = 90^\circ - t_s \odot$$

c. Hubungan antara jarak puncak, lintang dan zawal (N, l dan z)

Dibawah ini dapat pula dilukiskan berbagai kedudukan angkasa yang akan menjelaskan hubungan antara N, l dan z.

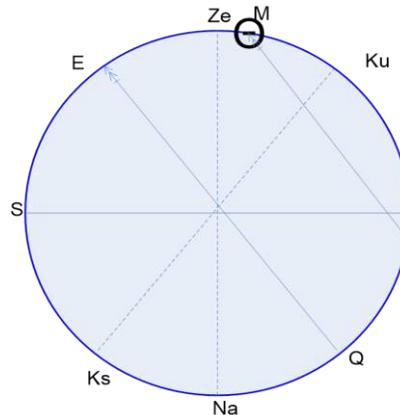
(1) L dan z senama, serta $l > z$



Gambar 58: Ilustrasi L dan z senama, serta $l > z$

Keterangan: EZe = lintang angkasa = l ; EM = zawal = z ; ZeM = jarak puncak = N ; $EZe = EM + ZeM$; $l = z + N$; M = matahari; EQ = katulistiwa; Ze = zenith; Na = Nadir; Ku = Kutub Utara; Ks = Kutub Selatan; S = selatan; U = Utara.

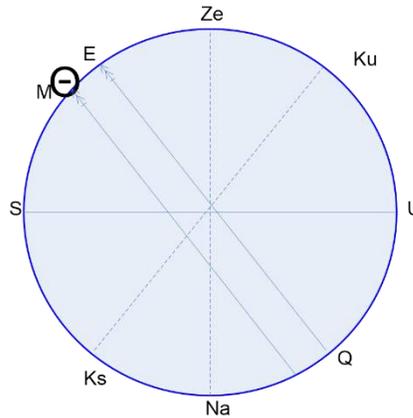
(2) L dan z senama, serta $l < z$



Gambar 59: Ilustrasi L dan z senama, serta $l < z$

Keterangan: EZe = lintang angkasa = l ; EM = zawal = z ; ZeM = jarak puncak = N ; $EZe = EM - ZeM$; $l = z - N$; M = matahari; EQ = katulistiwa; Ze = zenith; Na = Nadir; Ku = Kutub Utara; Ks = Kutub Selatan; S = selatan; U = Utara.

(3) L dan z tak senama



Gambar 60: Ilustrasi L dan z tak senama

Keterangan: EZe = lintang angkasa = l , EM = zawal = z , ZeM = jarak puncak = N , $EZe = ZeM - EM$, $l = N - z$, M = matahari, EQ = katulistiwa, Ze = zenith, Na = Nadir, Ku = Kutub Utara, Ks = Kutub Selatan, S = selatan, U = Utara.

d. Penerapan rumus secara aljabar

Contoh soal:

Diketahui: zawal matahari = $15^{\circ}17'U$, tinggi sejati (ts) pusat matahari (\odot) = $70^{\circ}27'$ dan terlihat diatas titik utara (N) = +.

Maka kita dapati:

$$\begin{aligned} N &= 90^{\circ} - ts, \text{ pusat } \odot \\ &= 90^{\circ} - 70^{\circ}27' \\ &= (+) 19^{\circ}33' \end{aligned}$$

Rumus umum: $l = z - N$

$$z = + 15^{\circ}17'$$

$$N = + 19^{\circ}33' -$$

$l = (-)04^{\circ}16'$ oleh karena l bertanda (-)
maka lintangnya adalah $04^{\circ}16'$ Selatan

e. Perhitungan titik lintang tengah hari

- Carilah GMT dengan pertolongan *Mer.Pass*, dikurangi (-) untuk bujur Timur, atau ditambahkan (+) untuk bujur Barat.
- Dengan GMT ini carilah zawal matahari. Perlu diperhatikan apakah nilai zawal \odot makin kebawah makin besar atau makin kecil. Apabila zawal \odot makin ke bawah makin besar, maka koreksi zawal \odot ditambahkan (+). Apabila zawal \odot makin ke bawah makin kecil, maka koreksi zawal \odot dikurangkan (-).
- Kemudian tu tepi atas/bawah \odot dikoreksi sehingga diperoleh tinggi sejati pusat matahari (ts pusat \odot)
- Tentukanlah N , ialah $(90^{\circ} - \odot ts)$
- Dengan syarat yang telah ditentukan yaitu mengenai tanda dari l , z dan N kita gunakan rumus: $l = z - N$
- Dengan rumus tersebut kita dapatkan lintang tengah hari (lintang sejati)

- Parabola tidak ditentukan diatas titik mana matahari berada, maka kita dapat mempergunakan ketentuan sebagai berikut:
- Apabila z lebih ke Utara dari pada l, maka N bertanda positif (+).
- Apabila z lebih ke Selatan dari pada l, maka N bertanda negatif (-).
- Lintang tengah hari yang kita peroleh nilainya mendekati lintang tempat duga. Suatu titik yang mempunyai lintang tengah hari sebagai lintangnya dan bujur duga sebagai bujurnya, disebut *titik lintang tengah hari*
- Apabila diwaktu tengah hari itu diperoleh sebuah baringan dari suatu benda darat yang dikenal, maka posisi kapal dapat ditentukan.

Perhitungan matahari berembang seperti urutan penyelesaian soal pada gambar skema berikut ini :

Mer. Pass.	.....	(tgl....)
BT/BB. dlm waktu +/-	
G.M.T.	.....	(tgl....)
Zawal (....jam)	.....
Kor. d (.....) +	
z\ominus	.....
tu \ominus	.....
KI	.....
Kor. Kaca berwarna	.....
Kor. Tinggi mata	.....
Kor. Tanggal +	
ts \ominus	.....
Jadi N	.....
L = Z - N	Z	.....
	N -
Jadi L (sejati)	.....
GMT	.....
Δ tolok	.....
Jadi wkt tolok	.....\ominus	berembang
Titik lintang tengah hari	lintang...../bujur.....	

Lihat Hal. harian kolom paling bawah
Lihat Hal. kuning kolom v or d correction

Contoh 1: Perhitungan lengkap

Pada tanggal 2 Desember 1986 di tempat duga 03°28',6 S-132°46',5 T, pada saat \odot berembang diukur tinggi \ominus (tepi bawah) = ' 71° 21' . Koreksi indeks = (+) 3',0, koreksi kaca berwarna = (-) 0',3 dan tinggi mata = 10 meter.

- Hitunglah: a. lintang tengah hari
b. Titik lintang tengah hari.

Jawaban diselesaikan sesuai urutan penyelesaian soal dalam gambar skema berikut ini:

Mer. Pass.	=	11 - 49 - 00	(2/12)
B. T. dlm waktu	=	<u>08 - 51 - 06</u>	-
G.M.T.	=	02 - 57 - 54	(2/12)
Zawal (02 jam)	=	21°53',5 S	
Kor.d (0,4)	=	+ 0',4	+
z \ominus (02-57-54)	=	21°53',9 S	
tu \ominus	=	71°21',0	
KI	=	+ 3',0	
Kor. Kaca berwarna	=	- 0',3	
Kor. Tinggi mata	=	+1 0',1	
Kor. Tanggal	=	+ 0',3	+
ts \ominus	=	71°34',1	
Jadi N	=	(-)18°25',9	
L = Z - N		Z = -21°53',9	
		N = -18°25',9	-
Jadi	L =	-03°28',0	
A. Lintang tengah hari = 03°28',0 Selatan			
B. Titik lintang tengah hari = 03°28',0 S - 132°46',5 T			

Contoh 2:

Pada tanggal 20 Mei 1986 pada bujur duga 118°30',5 T pada waktu tengah hari diukur tinggi \ominus tepi atas = 74°30',0. Koreksi indeks = (-)2',0, koreksi kaca berwarna = (-)2',0 dan tinggi mata = 12 meter. Matahari terlihat diatas titik utara.

Hitunglah: a. lintang tengah hari

b. titik lintang tengah hari

Jawaban diselesaikan sesuai urutan penyelesaian soal dalam gambar skema berikut ini:

Mer. Pass.	=	11 - 56 - 00	(20/5)
B. T. dlm waktu	=	<u>07 - 54 - 02</u>	-
G.M.T.	=	04 - 01 - 58	(20/5)
Zawal (04 jam)	=	19°54',5 U	
Kor.d (0,5)	=	+ 0',0	+
z \ominus (04-01-58)	=	19°54',5 U	
tu \ominus	=	74°30',0	
KI	=	- 2',0	
Kor. Kaca berwarna	=	+ 0',2	
Kor. Tinggi mata	=	+ 9',7	
Kor. Tanggal	=	- 31',8	+
ts \ominus	=	74°06',1	
Jadi N	=	15°53',9	
L = Z - N		Z = +19°54',5	
		N = +15°53',9	-
Jadi	L =	+04°00',6	
A. Lintang tengah hari = 04°00',6 Utara			
B. Titik lintang tengah hari = 04°00',6 U - 118°30',5 T			

f. Konstruksi lintang tengah hari

Sebagaimana telah dijelaskan pada materi sebelumnya bahwa waktu *Mer.Pass* matahari tidak selalu tepat jam 12.00 (*noon position*), tetapi sebelumnya atau sesudahnya, sesuai dengan bujur kapal dan pengaturan waktu di kapal. Dalam lukisan konstruksi posisi tengah hari, terlebih dahulu digeserkan hasil garis-garis tinggi dari pengamatan sebelumnya ke jam *Mer.Pass* atau langsung *noon position*. Tepat pada saat *Mer.Pass* diadakan pengamatan oleh Perwira jaga agar lebih akurat dalam mendapatkan lintang tengah hari.

Misalnya haluan kapal 060°, kecepatan 17 knots.

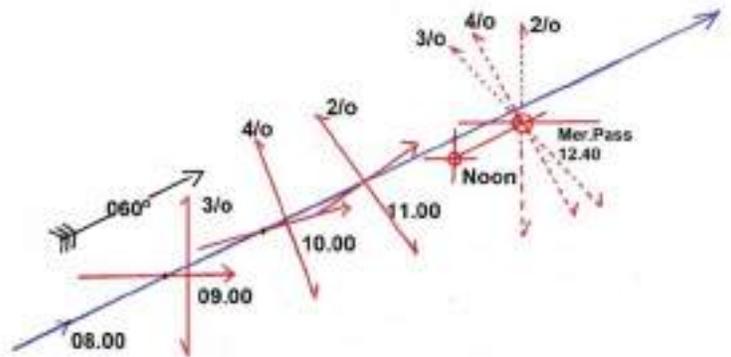
Pada jam 09.00 hasil pengamatan Mualim 3 didapat $T \ominus = 090^\circ$, $p = + 2$

Pada jam 10.00 hasil pengamatan Mualim 4 didapat $T \ominus = 080^\circ$, $p = 1,5$

Pada jam 11.00 hasil pengamatan Mualim 2 didapat $T \ominus = 050^\circ$, $p = 0,5$

Waktu *Mer.Pass* dihitung jam 12.40, sehingga ketiga garis tinggi 2/o (mualim 2), 3/o (mualim 3) dan 4/o (mualim 4) digeser ke jam 12.40.

Tepat jam 12.40 ketiga perwira mengadakan pengamatan perembangan matahari sampai didapat lintang *Mer.Pass*, dan untuk kepentingan posisi kapal, maka digeser kembali ke posisi jam 12.00 (*noon position*).



Credit: Silvester

Gambar 61: Kostruksi lintang tengah hari

3. Menghitung waktu rembang benda angkasa untuk waktu rembang bintang (*)

Untuk menghitung waktu rembang bintang (*), dapat dilakukan dengan dua cara, misalnya kita menghitung *Mer.Pass *Dubhe* (baca: bintang *Dubhe*) tanggal 14 Januari 2018 bagi penilik di bujur 136° 18',0 T.

(1) Perhitungan mendekati

Untuk rembang bintang terhadap meridian Greenwich, digunakan rumus:

$$GHA^* = GHA_\gamma + SHA^* \rightarrow (GHA = 360^\circ)$$

$$360^\circ = GHA_\gamma + SHA^*$$

$$GHA_\gamma = 360^\circ - SHA^*$$

Dari Almanak nautika didapat nilai $SHA^*Dubhe = 193^\circ 47',6$

Jadi GHA_γ pada saat itu = $360^\circ - 193^\circ 47',6 = 166^\circ 12',4$

Lihat almanak nautika:

$$GHA_\gamma = 166^\circ 12',4$$

$$\underline{GHA_\gamma = 158^\circ 32',0} \dots\dots\dots \text{pada jam} = 03-00-00 \text{ GMT (14 Jan 2018)}$$

$$\text{Incr.} = 7^0 40',4 \dots\dots\dots = \underline{30-36 +}$$

$$\text{Rembang } *Dubhe \text{ di Greenwich} = 03-30-36 \text{ GMT (14 Jan 2018)}$$

$$\text{Koreksi bujur } 136^\circ 18',0 \text{ T } *$$

Catatan: untuk perembangan, koreksi bujur adalah 1 menit setiap 90° selisih bujur tanda positif (+) BT dan (-) BB.

(2) Perhitungan teliti

Rumus dasar GHA $\gamma = 360^\circ - (\text{SHA}^* + \text{BT})$

Terlebih dahulu harus ditentukan tanggal sebenarnya dari GMT saat * *Dubhe* berembang (didapat GMT mendekati). Anggap saja *Mer.Pass* γ berlaku untuk semua meridian dan perubahan sudut jam bintang = 15° tiap meridian, sehingga * *Dubhe* akan berembang kira-kira $= \frac{\text{SHA}^*}{15^\circ}$ jam sebelum γ

kira-kira $= \frac{\text{SHA}^*}{15^\circ}$ jam sebelum γ

Mer. Pass * *Dubhe* = *Mer.Pass* $\gamma - \frac{\text{SHA}^*}{15^\circ}$

Selanjutnya dari almanak nautika didapat:

Mer.Pass γ	= 16 ^h 24,6 ^m	14 Jan 2018
SHA *Dubhe	= 193° 47',6 menjadi	= 13 jam lebih dahulu
Mer.Pass * Dubhe di bujur 136° 18',0 T		= 03 ^h 24,6 ^m LMT 14 Jan 2018
BT dalam waktu		= 09 ^h 05 ^m -
Mer.Pass * Dubhe mendekati	= 18 ^h 19,6 ^m	GMT 13 Jan 2018
Tanggal yang dipergunakan adalah tanggal 13 Januari 2018		

SHA * Dubhe	= 193° 47',6	
BT	= 136° 18',0 +	
Jumlah	= 330° 05',6 (- 360°)	
GHA γ	= 360° - 330° 05',6 = 29° 54',4	
GHA γ	= 29° 54',4	
GHA γ	= 23° 09',8 - → dari AN jam	= 18.00.00 GMT 13 Jan 2018
Incr	= 6° 44',6 →	= 26-54 +
Jadi waktu reembang * Dubhe		= 18-26-54 GMT 13 Jan 2018
BT dalam waktu		= 09-05-12 +
Waktu reembang * Dubhe		= 27-31-06 dikurangi 24 jam
		= 03-31-06 LMT 14 Jan 2018

Keterangan: AN = Almanak nautika

Catatan:

Untuk menyelesaikan soal-soal diatas gunakan Almanak Nautika tahun 2018, yang dapat di-google dari website: <https://www.thenauticalalmanac.com>

Peserta didik dapat juga menggunakan almanac nautika tahun 2019, 2020 dan tahun selanjutnya untuk menambah pengetahuan.

Penugasan 6

- 1) Sebelum anda bersama teman anda (dalam kelompok) melakukan pengukuran tinggi matahari pada saat reembang atas matahari, apa yang harus disiapkan oleh kelompok anda? Jelaskan
- 2) Tulislah rumus perhitungan lintang tengah hari matahari saat berembang?
- 3) Diketahui: zawal matahari = 16°17'U, tinggi sejati (ts) pusat matahari (☉) = 71° 15' dan terlihat diatas titik utara (N) = +. Hitunglah berapa lintang tengah hari matahari tersebut?

- 4) Untuk menghitung waktu rembang bintang (*), dapat dilakukan dengan dua cara, misalnya kita menghitung *Mer.Pass* * Dubhe tanggal 15 Januari 2018 bagi penilik di bujur $135^{\circ} 15',0$ T. Hitunglah rembang bintang Dubhe pada tanggal 15 Januari tersebut, dengan dua cara perhitungan.
- 5) Lakukan perhitungan dari data soal berikut ini:
- Kapal Jalajana 03 pada tanggal 14 Pebruari 2018, jam 07.30 WIB berada pada posisi $06^{\circ}54'S - 104^{\circ}35,5'T$, sedang berlayar menuju ke barat dengan kecepatan 8 knot. Saat matahari berembang atas diukur tepi bawah matahari (Q tu = $79^{\circ} 55',4$). Tinggi mata penilik 6 m, Koreksi Indeks sextant = $-15'$.
Ditanya: a. saat matahari berembang, b. titik lintang tengah hari.
 - Pada tanggal 11 Maret 2018 jam 07.00.00 berada pada posisi $04^{\circ}48,8'U - 90^{\circ}15,3'T$ sedang berlayar dengan haluan pedoman = 200° dengan kecepatan 9 knot sampai dengan waktu tengah hari. Pada waktu matahari berembang atas dikukur tinggi tepi bawah matahari Q tu = $83^{\circ}40,2'$. Diketahui variasi $2^{\circ}T$ dan deviasi $(-)'7$. Salah indeks = $(-)'2$. Tinggi mata sipenilik 10 m.
Ditanya: a. Saat matahari berembang, b. Titik lintang tengah hari.

Catatan:

Untuk menyelesaikan soal-soal diatas gunakan Almanac Nautika tahun 2018, yang dapat di-google dari website: <https://www.thenauticalalmanac.com>
Peserta didik dapat juga menggunakan almanac nautika tahun 2019, 2020 dan tahun selanjutnya untuk menambah pengetahuan.

Test Formatif 6:

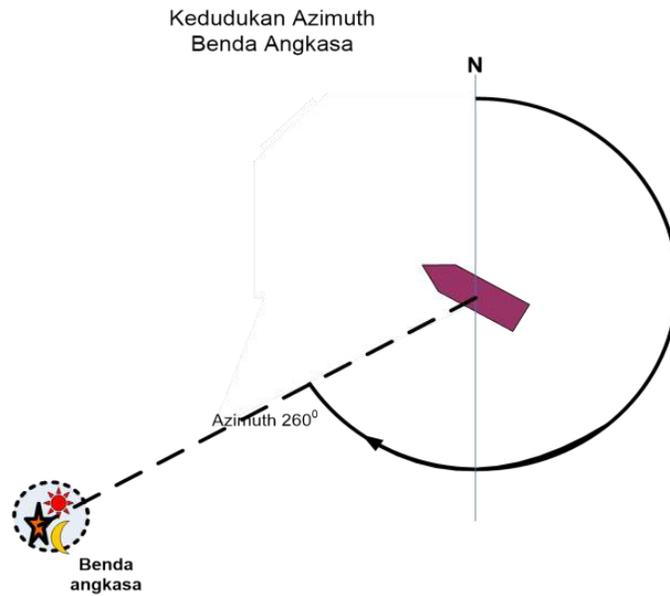
Setelah anda membaca kegiatan belajar 6, bacalah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini, kemudian berikan jawaban sesuai dengan pemahaman yang benar:

Menjodohkan (pilihlah jawaban yang benar pada kolom sebelah kanan yang sesuai dengan pernyataan pada kolom sebelah kiri).

No	Pernyataan	Jawaban
1.	Zawal	a. N
2.	Jarak puncak	b. Equation of time
3.	Rembang benda angkasa	c. Declinatie
4.	Perataan waktu	d. Perhitungan teliti rembang bintang
5.	l dan z senama, serta $l > z$, rumus yang digunakan:	e. Lintang
6.	Sudut Jam Barat Setempat	f. Mer. Pass
7.	Sudut Jam Barat Greenwich	g. GMT
8.	l dan z senama, serta $l < z$, rumus yang digunakan:	h. $19^0 36'$
9.	l dan z tak senama, rumus yang digunakan:	i. $05^0 23'S$
10.	Tinggi sejati $70^0 24'$, maka $N =$	j. $l = z + N$
11.	Zawal = $14^0 13'$, $N = + 19^0 36'$ maka lintang =	k. LHA
12.	Posisi pada bujur $125^0 31' T$; Bujur dalam waktu =	l. SHA
13.	$GHA \gamma = 360^0 - (SHA * + BT)$	m. $l = z - N$
14.	$GHA * = GHA \gamma + SHA *$	n. perhitungan mendekati
15.	KI, koreksi kaca berwarna, koreksi tinggi	o. $l = N - z$
		p. $05^0 23'U$
		q. 08-22-04
		r. Sextant

BAB VII

MENENTUKAN DEVIASI PEDOMAN DENGAN AZIMUTH BENDA ANGKASA



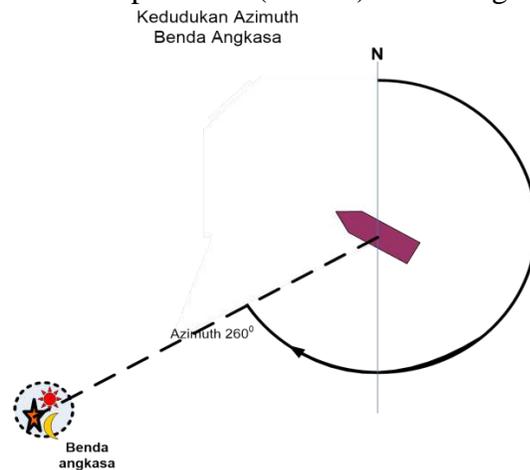
Credit: Silvester

Menentukan deviasi pedoman dengan azimuth benda angkasa

Pengamatan benda angkasa pada navigasi astronomi dapat dilakukan setiap saat dengan memperhatikan keadaan tepi langit, kedudukan benda angkasa dan kondisi cuaca pada saat itu. Salah satu momentum yang terbaik antara lain pada waktu matahari terbit (*sun rise*) dan saat matahari terbenam (*sunset*) dimana tepi langit tampak cukup jelas, maupun saat benda angkasa berada di meridian penilik atau lazim disebut berembang.

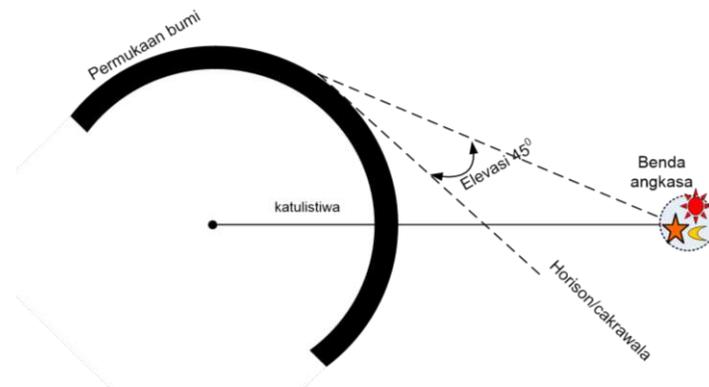
1. Azimuth benda angkasa

Menurut Soebekti (1979), azimuth dari benda angkasa adalah sebuah busur dari cakrawala yang dihitung dari titik potong dari lingkaran tinggi yang melalui benda angkasa dengan cakrawala dan dihitung dari arah utara atau selatan yang senama dengan lintangnya. Maksud dan tujuan perhitungan azimuth ialah menentukan arah sejati (baringan sejati) suatu benda angkasa untuk memperoleh: salah pedoman (deviasi) dan arah garis tinggi.



Credit: Silvester

Gambar 62: Kedudukan azimuth



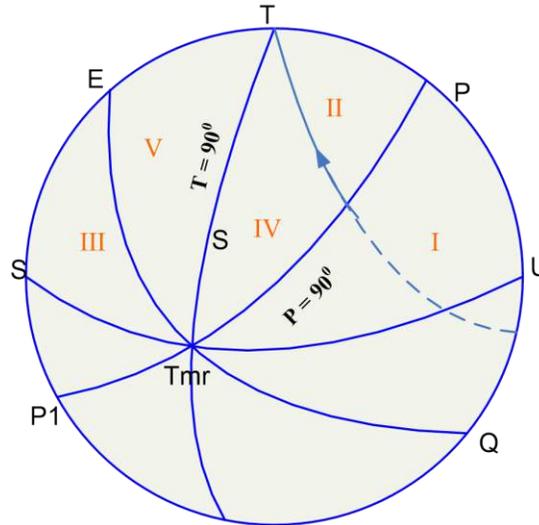
Credit: Silvester

Gambar 63: Lukisan sudut elevasi 45° .

(1) Ketentuan tentang azimuth

- a. Cara mencari azimuth benda angkasa dapat dilakukan dengan:
 - Perhitungan trigonometri segitiga bola.
 - Menggunakan daftar azimuth.
 - Menggunakan diagram azimuth.

- b. Ketentuan tentang daerah azimuth, jika:
- $P > 90^\circ$ T lancip.
 - l dan z senama, $z > l$ T lancip.
 - l dan z tak senama T tumpul.
 - l dan z senama T lancip/tumpul.
 - $z < l$ serta $P < 90^\circ$.



Credit: Silvester

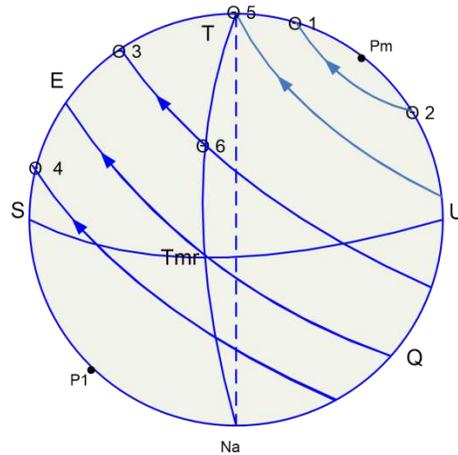
Gambar 64: Ilustrasi area azimuth

(2) Tiga keadaan nilai T

- a. l dan z senama ($z < l$)
 - $P < 90^\circ$ $T \cong$
- b. l dan z senama
 - $P > 90^\circ$ $T <$
- c. L dan z tak senama
 - $P < 90^\circ$ $T >$

(3) Keadaan istimewa

- a. \odot_1 / \odot_2 $T = \text{ nol}$
- b. \odot_3 / \odot_4 $T = 180^\circ$.
- c. \odot_5 $T = \text{ tak terhingga}$
- d. \odot_6 $T = 090^\circ$.



Credit: Silvester

Gambar 65: Keadaan istimewa azimuth

Keterangan:

- T1 = 0°: jika benda angkasa berembang pada sisi puncak, dimana kutub berada: $z > l$ yang senama juga pada rembang bawah.
- T2 = 180°: jika benda angkasa berembang pada sisi puncak dimana katulistiwa berada, z dan l yang senama, juga jika z tak senama.
- T3 = tak dapat ditentukan (tak terhingga), jika benda angkasa berembang di titik puncak (z dan l sama dan senama).
- T4 = 090°: jika benda-benda angkasa berada di vertikal pertama.

(4) Pembedaan azimuth menurut cara menghitungnya

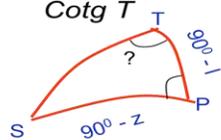
Jenis azimuth	Diketahui
a. Azimuth tanpa tinggi	----- l, z dan P
b. Azimuth tanpa lintang	----- t, z dan P
c. Azimuth tanpa sudut jam (P) termasuk azimuth di waktu \odot terbit/terbenam	----- l, z dan t
d. Azimuth polaris	----- t, z dan P

a. Azimuth tanpa tinggi (diketahui, l, z dan P)

- Aturan Cotangens dalam segi tiga paralaks memberikan hubungan langsung antar l, z, P dan T (azimuth).

$$\begin{aligned} \text{Cotg } T \cdot \sin P &= \text{cotg } PS \sin PT - \text{cotg } P \cdot \cos PT \\ &= \text{cotg } (90^\circ - z) \cdot \sin (90^\circ - l) - \text{cotg } P \cdot \cos (90^\circ - l) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cotg } T \cdot \sin P &= \text{tg } z \cdot \cos l - \cos P \cdot \sin l \\ \text{Cotg } T &= \frac{\text{tg } z \cdot \cos l - \cos P \cdot \sin l}{\sin P} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &= \frac{\text{tg } z \cdot \cos l - \sin l}{\text{tg } P} \\ &= \frac{\text{tg } z \cdot \cos l - \text{tg } l \cdot \cos l}{\text{tg } P} \end{aligned}$$

$$\text{Cotg } T = \left[\begin{array}{cc} \text{tg } z & - \text{tg } l \\ \sin P & \text{tg } P \end{array} \right] \cos l$$

Daftar Azimuth

- Dengan rumus inilah disusun daftar XI dan XII yang dikenal dengan nama “daftar ABC”
- Daftar XI

$$A = \frac{\text{tg } l}{\text{tg } P}$$

Jadi nilai A dicari dengan unsur lintang duga dan P

$$B = \frac{\text{tg } Z}{\sin P}$$

Nilai B dapat dicari dengan unsur zawal benda angkasa dan P

$$\text{Cotg } T = \left[\frac{\text{tg } z}{\sin P} - \frac{\text{tg } l}{\text{tg } P} \right] \cos l$$

$$\text{Cotg } T = (B - A) \cos l \dots \dots \dots \text{Cotg } T = C \cos l$$

$$C = \frac{\text{Cotg } T}{\cos l} = \text{Cotg } T \cdot \text{Sec } l$$

Dari daftar XI : dengan argumen P dan l, kita dapati suku A
dengan argumen P dan z, kita dapati suku B

P : dari 0° – 180° (o jam -12jam); l: dari dari 0° – 72°; z: dari dari 0° – 73° juga
dari 74°,5 – 77° - 78°

- Dari daftar XII: dengan argumen l dan T (0° – 180°) kita mendapatkan nilai suku C.
- Jika kita telah mendapatkan bilangan A dan B dari daftar XI, maka kedua bilangan tersebut harus ditambahkan atau dikurangkan satu sama lain, sehingga menghasilkan bilangan C (= A + B; A – B atau B – A).
- Di bagian bawah dari daftar A tercantum peraturan mengenai hal-hal disebut diatas. Dengan bilangan C dan besar lintang, kemudian dicari azimuthnya didalam Daftar XII, yang akan memberikan azimuth sudut yang lancip atau sudut yang tumpul.

Penggunaan Daftar XI dan XII (daftar ABC)

Bedakan dalam dua kemungkinan utama, yaitu lintang dan zawal senama serta lintang dan zawal tidak senama.

a.1. l dan z senama, P < 90°

Kita pakai rumus A-B = C, maka T sudutnya tumpul, atau
B-A = C, maka T sudutnya lancip

Pembuktian:

$$\text{Rumus I: Cotg } T = \frac{\text{tg } z}{\sin P} - \frac{\text{tg } l}{\text{tg } P} \times \text{Cos } l$$

Untuk z yang senama dan P < 90° maka: $\frac{\text{tg } z}{\sin P} = \frac{+}{+} + B$ dan $\frac{\text{tg } l}{\text{tg } P} = \frac{+}{+} + A$

$$\text{Rumus I menjadi: Cotg } T = \{(+B) - (+A)\} \cdot \cos l \\ = (B - A) \cdot \text{Cos } l$$

Kesimpulan:

- Jika A > B, maka cotg T nilainya negatip T tumpul (> 90°).
- Jika A < B, maka cotg. T nilainya positip.... T lancip (< 90°).
- Jika A = B, maka cotg. T = 0.
Demikian pula ternyata: Cotg. T .sec l = B – A,
jadi C = B – A T lancip (< 90°).
atau A – B T tumpul (> 90°).

a.2. l dan z senama, P > 90°

Kita pakai rumus $A + B = C$, maka T sudutnya lancip
 Pembuktian:

Jika $P > 90^\circ$, maka $\frac{\text{tg } z}{\sin P} = \frac{+}{+} + B$ dan $\frac{\text{tg } l}{\text{tg } P} = \frac{+}{-} = -A$

Rumus I menjadi: $\text{cotg } T = \{(+B) - (A)\} \cos l$
 $= (A + B) \cos l$

Kesimpulan:

Cotg T nilainya positif, jadi T sudutnya lancip ($< 90^\circ$).

Demikian pula ternyata:

$\text{cotg } T \cdot \text{Sec } l = A + B$

$C = A + B$ ----- T lancip

Jika $P = 90^\circ$, maka: $\frac{\text{tg } z}{\sin P} = \frac{+}{+} + B$ dan $\frac{\text{tg } l}{\text{tg } P} = + = 0 (= A)$

Jadi $\text{cotg } T = \{(+B) - 0\} \cos l$
 $= B \cos l$

Maka $\text{cotg } T$ adalah positif ----- T lancip ($< 90^\circ$).

Demikian pula ternyata:

$\text{Cotg } T \cdot \text{Sec } l = B$

Jadi $C = B$ -----T lancip ($< 90^\circ$).

a.3. l dan z tak senama

Kita pakai rumus $A + B = C$, maka sudut T tumpul ($> 90^\circ$).

Pembuktian: Dalam perhitungan azimuth biasa, nilai P selalu $< 90^\circ$, jadi:

$\frac{\text{tg } z}{\sin P} = \frac{-}{+} = -B$ dan $\frac{\text{tg } l}{\text{tg } P} = \frac{+}{+} = +A$

Rumus I menjadi: $\text{cotg } T = \{(-B) - (+A)\} \cos l$
 $= (-B - A) \cos l$
 $= -(A + B) \cos l$

Kesimpulan

Cotg T nilainya negatif,----- T tumpul

demikian pula ternyata: $\text{cotg } T \cdot \text{sec } l = -(A + B)$

$C = A + B$ ----- T tumpul ($> 90^\circ$).

Apabila C telah diketahui, maka di dalam lajur lintang kita dapat mencari kembali suku C ini, di sebelah atas dan bawah dari lajur, dimana C berada, akhirnya didapati azimuthnya. Jika T sudutnya lancip ($< 90^\circ$), maka dipakai keterangan di kolom bagian atas halaman, untuk T yang sudutnya tumpul ($> 90^\circ$), maka didapati azimuthnya di kolom bagian bawah halaman.

Contoh Soal:

Diketahui: $l = 52^\circ 49' \text{ U}$

* $z = 35^\circ 20' \text{ U}$

* $P = 114^\circ 16' \text{ B}$

Hitunglah: azimuth * tersebut

Jawab:

Menggunakan Daftar XI A, Daftar XI B dan Daftar XII C, untuk cri suku A, B dan C

A = 0,60 pilih A + B = C = 1,38 (<)
 B = 0,78 T = U 49°40' B

P \ z	115°	114° 16'	114°
35°	0,77	0,77	0,77
35° 20'		0,78	
36°	0,80	0,80	0,80

P \ l	115°	114° 16'	114°
52°	0,60	0,58	0,57
52° 49'		0,60	
53	0,62	0,60	0,59

T \ l	49°	49° 40'	50°
52°	1,41		1,36
52° 49'	1,43	1,38	1,34
53°	1,44		1,39

Kita menginterpolasi (menyisipkan) untuk mendapatkan nilai suku A, B dan C lebih mendekati nilainya.

- a) Interpolasi nilai suku A untuk P dari 0.57 – 0.60, sebagai berikut:
 Untuk perubahan 1° = 0.03

$\frac{16'}{60'} \times 0,03 = 0,008$ dibulatkan menjadi 0,01
 sehingga nilainya pada P 114° 16' menjadi 0.58.

Interpolasi A utk Lintang sebagai berikut:

setiap perubahan 1° = 0.02 lalu diperoleh $\frac{49'}{60'} \times 0,02 = 0,016$, dibulatkan jadi 0.02
 dengan demikian nilai A = 0.58 + 0.02 = 0.60.

- b) Interpolasi nilai suku B untuk P dari 0.77 – 0.77, sebagai berikut:

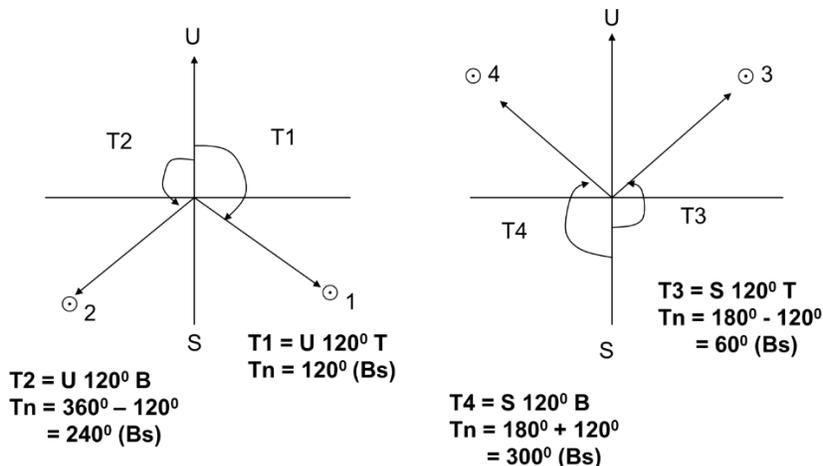
Untuk perubahan 1° = 0 sehingga nilainya pada P 114° 16' = 0.77

Interpolasi B untuk zawal, setiap perubahan 1° = 0.03 lalu diperoleh $20/60 \times 0.03 = 0.01$
 dengan demikian nilai B = 0.77 + 0.01 = 0.78.

- c) Mencari nilai suku C: dalam daftar XII, dihitung sebagai berikut:

- a. Diperoleh dari Rumus A + B = C karena lintang dan zawal senama dan P lebih besar dari 90°, maka nilai T lancip (< 90°).

Cara mengubah sudut azimuth (T) menjadi baringan sejati (Tn)



Gambar 66: Ilustrasi penyebutan sudut asimutal menjadi baringan sejati

Kesimpulan :

Sebutan	Bar. Sejati (Tn)
1. U ke T-----	$T_n = T$
2. U ke B-----	$T_n = 360^\circ - T$
3. S ke T-----	$T_n = 180^\circ - T$
4. S ke B-----	$T_n = 180^\circ + T$

a.4. Menentukan deviasi oleh Azimuth benda angkasa

Untuk menentukan sembir dan deviasi, setelah azimuthnya dihitung (T), maka ini harus diubah penulisannya menjadi “dari U melalui T sampai 360°”. Guna mencari deviasi dari pedoman kemudi, catatlah haluan-haluan yang dikemudikan pada pedoman standard dan pedoman kemudi:

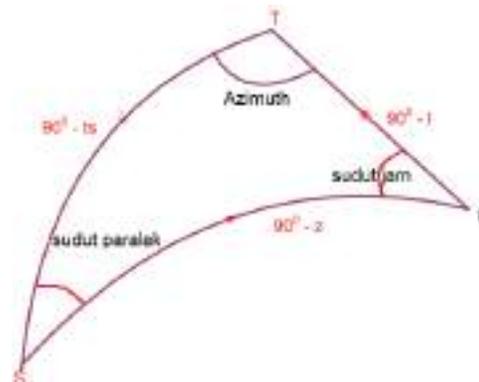
$$\text{Dev.ped Kemudi} = \underbrace{\text{HP ped.std} + \text{dev.ped.std}}_{\text{HM}} - \text{HP ped. kemudi} - \text{HP ped.kemudi.}$$

b. Perhitungan azimuth tanpa lintang (diketahui t, z dan P).

Untuk memahami segitiga paralaks atau segitiga bola, baca kembali modul kegiatan belajar 2.

- Didalam segitiga paralaks aturan sinus memberikan :
- $\sin T : \sin P = \sin PS : \sin TS$
 $= \sin (90^\circ - z) :$
 $\sin (90^\circ - ts)$
 $= \cos z : \cos ts$
 $\sin T = \frac{\sin P \cdot \cos z}{\cos ts}$

$$\sin T = \sin P \cdot \cos z \cdot \sec ts$$



Gambar 67: Ilustrasi sisi-sisi dan sudut segitiga paralaks untuk azimuth tanpa tinggi

Penjelasan:

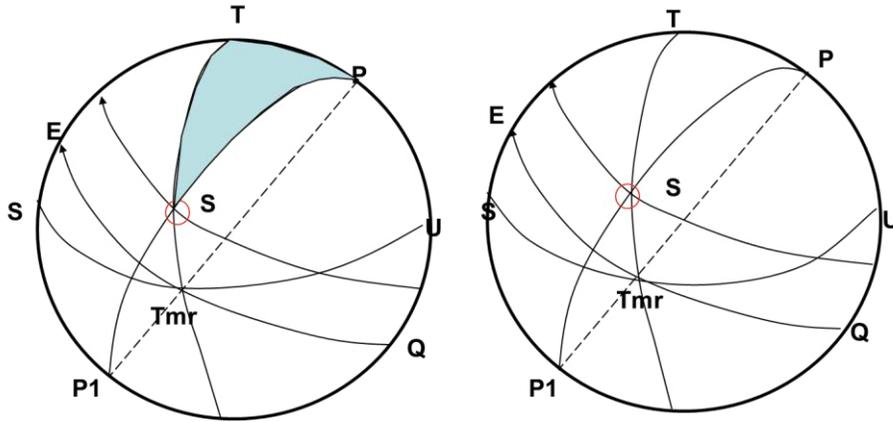
Rumus ini memberikan keraguan apakah T itu lancip atau tumpul (ialah pada keadaan $P < 90^\circ$ dan $z < l$ yang senama). Sinus memberikan nilai T yang tidak tegas, apabila azimuth dekat pada 90° . Keraguan tersebut dapat dihilangkan dengan jalan:

Menghitung tinggi sejati benda angkasa, ketika ia berada di vertikal pertama:

Jika ts pengukuran $< ts$. Vert. pertama, maka T lancip,

Jika ts pengukuran $> ts$. Vert. pertama, maka T tumpul atau menghitung sudut jam benda angkasa, ketika ia berada di vertikal pertama:

Jika sudut jam penilikan $<$ sudut jam di vert. pertama maka T tumpul, jika sudut jam penilikan $>$ sudut jam di vert. pertama, maka T lancip.



Credit: Silvester

Gambar 68: Ilustrasi benda angkasa berada di vertikal pertama, Δ TPS adalah siku-siku di T.

Menurut Aturan NEPER

$$\cos PS = \cos PT \cdot \cos TS$$

$$\cos (90^\circ - z) = \cos (90^\circ - l) \cdot \cos (90^\circ - ts)$$

$$\sin z = \sin l \cdot \sin ts$$

$$\text{Jadi } \sin ts = \sin z / \sin l \dots\dots\dots (I)$$

$$\begin{aligned} \text{Demikian pula : } \cos P &= \text{tg } PT \cdot \text{cotg } PS \\ &= \text{tg}(90^\circ - l) \cdot \text{cotg}(90^\circ - z) \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } \cos P = \text{cotg } l \cdot \text{tg } z \dots\dots\dots (II)$$

Kesimpulan menurut rumus:

$$\sin T = \sin P \cdot \cos z \cdot \sec ts$$

$$\sin 90^\circ = \sin P \cdot \cos z \cdot \sec ts$$

$$1 = \sin P \cdot \cos z \cdot \sec ts$$

$$1/\sin P = \cos z \cdot \sec ts$$

$$\text{Jadi } \text{cosec } P = \cos z \cdot \sec ts \dots\dots\dots (III)$$

c. Perhitungan azimuth tanpa sudut jam (diketahui l, z, dan ts)

Perhitungan ini hanya dipakai jika nilai P tidak dipercaya, misalnya kemungkinan kesalahan bujur yang cukup besar. Dalam segitiga paralaks, aturan cosinus memberikan:

$$\cos PS = \cos PT \cdot \cos TS + \sin TS \cdot \cos T$$

$$\cos (90^\circ - z) = \cos (90^\circ - l) \cdot \cos (90^\circ - ts) + \sin (90^\circ - l) \cdot \sin (90^\circ - ts) \cdot \cos T$$

$$\begin{aligned} \sin z &= \sin l \cdot \sin ts + \cos l \cdot \cos ts \cdot \cos T \\ &= \sin l \cdot \sin ts + \cos l \cdot \cos ts \cdot (1 - \text{sinvers } T) \end{aligned}$$

$$= \sin l \cdot \sin ts + \cos l \cdot \cos ts - \cos l \cdot \cos ts \cdot \text{sinvers } T$$

$$= \cos (l - ts) - \cos l \cdot \cos ts \cdot \text{Sinvers } T$$

$$\cos l \cdot \cos ts \cdot \text{sinvers } T = \cos (l - ts) - \sin z$$

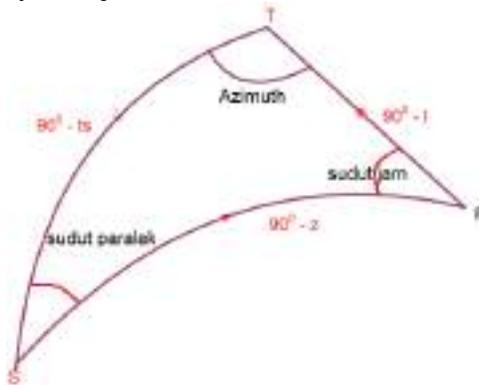
$$\text{sin vers } T = \frac{\cos (l - ts) - \sin z}{\cos l \cdot \cos ts}$$

Jika l dan z tak senama, maka $(90^\circ - z)$ diganti dengan $(90^\circ + z)$, jadi $\cos (90^\circ + z) = -\sin z$, maka hasilnya:

$$\text{Sinv } T = \frac{\cos (l - ts) + \sin z}{\cos l \cdot \cos ts}, \text{ sehingga di sini rumus umum menjadi:}$$

$$\text{Sinv } T = \frac{\text{Cos } (l-ts)}{\text{Cos } l \times \text{cos } ts} + \text{Sin } z$$

Keterangan: Sin z nilainya (-) jika l dan z senama,
Sin z nilainya (+) jika l dan z tak senama.



Credit: Silvester

Gambar 69: Ilustrasi sisi-sisi dan sudut segitiga paralaks.

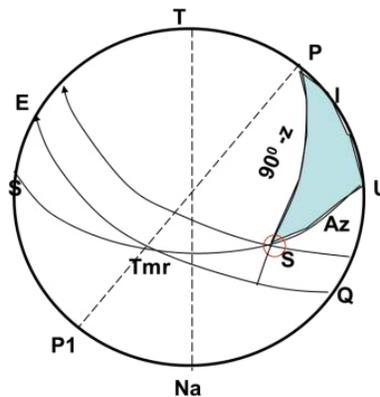
d. Azimuth pada waktu ☉ terbit/terbenam

1) Pada waktu ☉ berada $\frac{3}{4}$ garis tengah diatas tepi langit maya.

Kita boleh menganggap bahwa $\ominus ts = \text{ nol}$, jika ☉ dengan tepi bawahnya terletak $\frac{3}{4}$ x garis menengahnya di atas tepi langit maya. Apabila dalam keadaan ini kita membaring ☉, maka di sini pun kita dapati suatu cara untuk menentukan deviasi pedoman di kapal. Segitiga bola PUS

- Δ-bola PUS adalah siku-siku di U
- US = To (azimuth)
- PU = lintang
- PS = $90^\circ - z$, sebab l dan z adalah senama.

Apabila l dan z tak senama, maka PS = $90^\circ + z$



Credit: Silvester

Gambar 70: Segitiga bola pada bulatan angkasa.

Menurut Aturan Neper:

$$\cos (90^\circ \pm z) = \cos l \cdot \cos To$$

$$\pm \sin z = \cos l \cdot \cos To$$

$$\cos To = \pm \frac{\text{Sin } z}{\text{Cos } l}$$

$$\text{Cos } To = \pm \sin z \cdot \text{sec } l$$

Tanda \pm jika l dan z $\frac{\text{senama}}{\text{tak senama}}$ disini $\frac{\text{T lancip}}{\text{T tumpul}}$

Apabila matahari di katulistiwa, $z = \text{ nol}$, maka $\cos To = \text{ nol}$ --- $To = 90^\circ$.

Apabila penilik di katulistiwa, lintang = 0° , maka $\sec. \text{ lintang} = \text{Sec}.0^\circ = 1$, sehingga
 $\text{Cos } T = \pm \text{Sin } z$
 $\text{Cos } T = \text{Cos } (90^\circ \pm z)$
 $T = 90^\circ \pm z.$

- 2) Jika dikehendaki baringan matahari \odot ketika menyinggung tepi langit maya, digunakan rumus:

$$\text{Sin } v \text{ T} = \frac{\text{Cos } (l-t) + \text{Sin } z}{\text{Cos } l \times \text{Cos } t}$$

Tepi bawah: $\text{tu } \odot = 0$ (nol) pada saat itu $\ominus \text{ ts} = - (\text{ptm} + 20')$

Tepi atas : $\text{tu } \odot = 0$ (nol) pada saat itu $\ominus \text{ ts} = - (\text{ptm} + 52')$

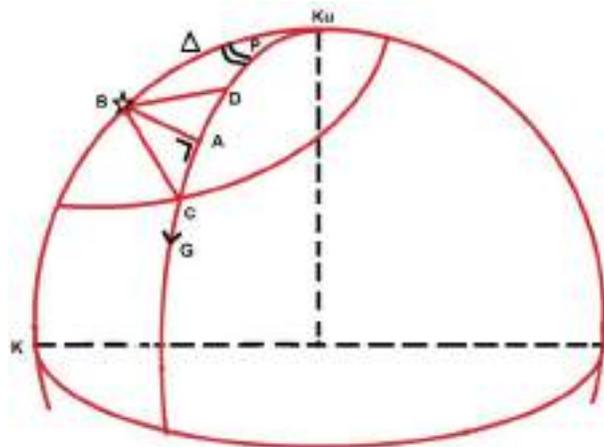
Rumus tersebut menjadi: $1 - \text{ts} = 1 - (-\text{ptm} - 20') = 1 + \text{ptm} + 20'$

Zawal matahari dicari dengan argument *GMT table sunrise/sunset*.

e. Azimuth Polaris

Menurut Suyono (1993), tinggi kutub angkasa sama dengan lintang dari seorang peninjau. Bilamana ada benda angkasa yang berada tepat di kutub angkasa, maka tinggi sejati dari benda angkasa itu adalah lintang dimana peninjau berada. Bintang Polaris atau Ursa Minoris adalah benda angkasa yang terletak di dekat kutub angkasa. Tidak tepat berada di kutub angkasa namun pada jarak $57'$ dari kutub utara angkasa dan mendekatinya pelan-pelan. Zawal dari Polaris adalah $\pm 89^\circ$ dan Polaris membuat lingkaran kecil di angkasa sehingga dengan demikian maka tingginya dapat menjadi ukuran untuk menghitung lintang dari seorang peninjau bilamana ia dapat mengukur tingginya Polaris. Karena Polaris membuat lingkaran kecil mengelilingi kutub angkasa maka azimuth dari Polaris mengalami perubahan dari $\pm U 2^\circ T$ ke $\pm U 2^\circ B$ selama lintansannya mengelilingi kutub Utara angkasa dan akan menjadi utara sejati 2 x dalam sehari bila ia melintasi derajat rebangnya, sekali diatas kutub dan sekali dibawahnya. Mengambil tinggi sejati dari Polaris dinamakan penentuan lintang kutub. Untuk menentukan lintang kutub secara tepat, diperlukan beberapa koresi.

Perhatikan gambar 71, bilamana Polaris berada di derajat atas maka $\text{LHA} = 0^\circ$; bilamana berada pada sudut siku-siku dari derajat maka $\text{LHA} = 90^\circ$, pada sebelah barat dari kutub kemudian menjadi 180° pada rebang bawahnya dan 270° bilamana berada pada sebelah timur kutub.



Credit: Silvester

Gambar 71: Ilustrasi Azimuth Polaris

Keterangan: $\Delta = \text{Ku B}$ (Jarak kutub) = $53',4$ (tahun 1966), sudut $\text{BKuA} = P$;

G adalah tempat duga, C adalah titik potong dari jajar tinggi dengan derajat yang melalui tempat duga, yang merupakan titik lintang kutub. Bilamana $CB = 90^\circ - t$ (tinggi) maka B sebagai titik pusat penilik dapat membuat jajar tinggi.

Karena jarak dari B hanya $\pm 1^\circ$ (mis: $53^\circ,4/1966$) dari Ku, maka hampir tidak ada selisih antara $CB = 90^\circ - t$ dan $CKu = 90^\circ - li$, bilamana li adalah lintang dari bintang kutub. Sudut BCA juga merupakan sudut yang kecil. Sisi $CD = CB$ dan membuat BA tegak lurus pada KuC. Dalam segitiga siku-siku CAB, $CA < CD$ dan $CB = CD = CKu - KuA + AD$

Daftar dari bintang-bintang Polaris untuk mencari lintang dari pengamat, dapat diperoleh dalam Almanak nautika pada halaman-halaman belakang setelah *increments and corections* sebanyak tiga halaman. Perhitungannya mudah, yaitu dari tinggi pengambilan Polaris dengan *sextant*, diperoleh tinggi sejati dengan perbaikan melalui koreksi indeks, penundukan tepi langit dan refraksi astronomis. Tinggi sejati yang diperoleh dikurangi 1^0 lebih dahulu lalu ditambahkan a_0 , a_1 dan a_2 yang didapat dari Almanak Nautika. Dengan demikian akan menjadi tinggi Polaris menjadi lintang yang dicari. Daftar untuk Polaris di Almanak nautika dibuatkan berdasarkan rumus:

$$LHA \text{ Aries} = GHA \text{ Aries} \begin{array}{l} + \text{Bujur Timur} \\ - \text{Bujur Barat} \end{array}$$

Koreksi a_0 = dicari berdasarkan LHA untuk tiap-tiap derajat LHA Aries. Bilamana LHA Aries tidak tepat dalam derajat penuh agar dilakukan interpolasi.

Koreksi a_1 = dicari berdasarkan lintang duga dan LHA Aries, tidak perlu interpolasi.

Koreksi a_2 = dicari berdasarkan bulan dan LHA Aries, tidak perlu interpolasi.

Besarnya koreksi-koreksi ini didasarkan pada:

a_0 : dihitung berdasarkan harga pertengahan untuk lintang 50° Utara, SHA dan zawal dari Polaris untuk kemudian ditambah $+ 58',8$.

a_1 : adalah koreksi untuk lintang dari penilik ditambahkan $+ 0,6'$.

a_2 : merupakan koreksi untuk perubahan SHA dan zawal dari Polaris ditambahkan $+ 0,6'$ sehingga menjadi

Koreksi	Argumen	Lebih
a_0	LHA Aries	$58',8$
a_1	LHA + lintang	$0,6'$
a_2	LHA + bulan	<u>$0,6' + 1^\circ$</u>

Jadi **Lintang = tinggi sejati + a_0 + a_1 + a_2 - 1°**

LHA Aries adalah argumen utama untuk mendapat koreksi-koreksi.

Contoh soal:

Pada tanggal 14 September 1991, waktu di kapal 21.20 (*local time*) dan tempat duga $30^\circ 52' U - 28^\circ 20' B$ telah diukur tinggi *Polaris*, $tu^* = 31^\circ 28',5$, pada ppw = 00-20-37. Koreksi indeks $+ 1'$, duduk = (-) 01-12-13, tinggi mata 9 meter.

Jawab:

Waktu duga kapal	= 21.20	14 Sept
Bujur Barat dalam waktu	= <u>1.45 +</u>	
GMT mendekati	= 23.05	14 Sept
Ppw	= 00-20-37	
Duduk	= <u>-01-12-13</u>	
GMT	= 23-08-24	14 Sept
Aries	= $338^\circ 25',2$	

$$\begin{aligned}
\text{Increment} &= \underline{2^{\circ}06',3} + \\
\text{GHA Aries} &= 340^{\circ}31',5 \\
\text{Bujur Barat} &= \underline{28^{\circ}20'} - \\
\text{LHA *} &= 312^{\circ}11',5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tu} * &= 31^{\circ}28',5 \\
\text{KI} &= + 1',0 \\
\text{Kor tinggi} &= - \underline{7',0} \text{ (daftar VI)} \\
\text{Ts} &= 31^{\circ}22',5 \\
\text{a0} &= 54',1 \\
\text{a1} &= 0',4 \\
\text{a2} &= \underline{0',8} + \\
\text{ts} * &= 32^{\circ}17',8
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\underline{-1^{\circ}} \\
\text{Lintang} &= 31^{\circ}17',8
\end{aligned}$$

$$\text{Azimuth} = \text{U } 0^{\circ},9 \text{ T}$$

Catatan: Azimuth dari *Polaris* dalam almanak nautika dinyatakan dari 0° sampai dengan 360° . Dengan demikian lintang kutub hanya dapat diambil di belahan bumi utara.

Keterangan: GMT = Greenwich Mean Time (Waktu Menengah Greenwich).

GHA = Greenwich Hour Angle (Sudut Jam Barat Greenwich).

LHA = Local Hour Angle (Sudut Jam Barat setempat).

Daftar Azimuth lainnya, yaitu:

- Daftar azimuth *Burdwood and Davis*, untuk matahari (\odot), memberikan nilai azimuth tanpa tinggi dari matahari dengan argument lintang $0^{\circ} - 60^{\circ}$ U/S dan zawal $0^{\circ} - 23^{\circ}$ senama/tidak senama.
- H.O 229 dan H.O 249: H.O 229 dipakai untuk *Sight Reduction Table for Marine Navigation*, dan H.O 249 dipakai untuk *Sight Reduction Table for Air Navigation*
- DMAHC Pub No. 260 dan 261: Pub no. 260 untuk *Azimuth of the Sun & other Celestial bodies of declination 0° to 23°* . Pub. 261 untuk *Azimuth of the Sun & other Celestial bodies of declination 24° to 70° . Called Blue Azimuth Table*)
- Tabel 27 *Bowditch*
- Tabel *Ebsen* (untuk \odot dan bulan)
- Tabel *Labrosse* (s/d $z = 30^{\circ}$)
- Tabel *Weyer* (P s/d 6 jam)

Diagram Azimuth

- *Diagram Wier*
- *Diagram Armistead Rust*
- *Star finder & Identifier 2102 D*
- *Star Chart* di dalam Almanak Nautika

2. Perhitungan deviasi pedoman

Urutan perhitungan deviasi pedoman melalui baringan benda angkasa dapat dilakukan dengan menggunakan skema perhitungan azimuth/deviasi seperti contoh skema berikut ini.

ZT di kapal	=	.....	(tgl.....)
ZD	= +	
G.M.T. duga	=	.....	(tgl.....)
ppw	=	.....
ddk tgl.....,GMT	= +	
GMT dekat	=	.....	(tgl.....)
Lalu	= +	
Jadi GMT	=	.....	(tgl.....)
∠GHA	=	.....
Incr (.....m.....s)	=	.....
*SHA	=	.....
EL	= +	
*LHA	=	.....
*P	=	..... T/B	
I	=	.....
*zawal	=	.....
A	=	.....
B	= +/-	
C	=	.....
* T	=	.....
Atau BS	= -	
* BP	=	.....
Sembir	=	.....
Var	= -	
Jadi dev ped. Stand	=	.....
HP ped. Stand.	= +	
HM	=	.....
H. Ped. Kemudi	=	.....
Dev. Ped. Kemudi	=	.....

Contoh pelaksanaan perhitungan:

Pada tanggal 31 Mei 1986 pk1.22:30 (ZT/Zone Time) ditempat duga 18°55'S-074° 25'T Canopus dibaring dengan pedoman standard = 225° pada ppw = 05.23.20. Duduk pada tanggal 26 Mei, jam 17 GMT adalah (-) 0-10-10. Langkah harian = (-) 2,0 detik. Haluan-haluan yang dikemukakan: Pedoman standard = 235°, Pedoman kemudi = 230°, variasi 18° B.

Hituglah: deviasi masing-masing pedoman tersebut!

Jawab:

ZT di kapal	=	22.30	tgl 31/5
ZD	=	<u>-5</u> +	
GMT duga	=	17.30	tgl 31/5
ppw	=	05.23.20	
ddk 26 Mei, 17 GMT	=	<u>-0.10.10</u> +	
GMT dekat	=	17.13.10	tgl.31/5
lalu :5 x (-) 2 s	=	<u>(-) 10</u> +	
GMT	=	17.13.00	tgl 31/5
∠GHA (17j)	=	143° 53',7	
Incr (13 ^m 00 ^s)	=	13° 15',5	
*SHA	=	264° 04',8	
EL (East latitude)	=	<u>074° 25'</u> +	
*LHA	=	495° 39'	
*P	=	135° 39'B	

l	=	18° 55' S
* z (<i>declination</i>)	=	52° 42',3 S
A	=	0,36
B	=	$\frac{1,89}{\quad} +$
C	=	2,25
* T	=	S 25° B
Atau BS	=	205°
* Bp	=	225°
Sembir	=	- 20°
Variasi	=	$\frac{-18^\circ}{\quad} -$
Jadi deviasi Pedoman standard	=	- 2°
Haluan Pedoman Standard	=	$\frac{235^\circ}{\quad} +$
Haluan Magnetik (HM)	=	233°
Haluan Pedoman Kemudi	=	230°
Jadi deviasi Pedoman kemudi	=	3°

Penugasan

- 6) Jelaskan apa itu azimuth? Jelaskan maksud dan tujuan dalam perhitungan azimuth benda angkasa?
- 7) Jelaskan perbedaan azimuth menurut cara menghitungnya lengkap dengan hubungannya antara l, z dan P.
- 8) Dalam Daftar Ilmu Pelayaran, pada daftar berapakah kita bisa memperoleh suku A, B dan C. Argumen apa yang dipakai untuk mendapatkan suku A, B dan C. Anda dapat melakukan pencarian nilai suku A, B dan C perlu melakukan interpolasi bila diperlukan. Bagaimana cara menginterpolasi. Jelaskan.
- 9) Pada tanggal 16 Juni 2018, waktu setempat jam 02:40 di kapal pada posisi duga 52°1,0 U – 02°14'T telah diukur Polaris tu* = 52°38',5; ppw = 1-46-26; duduk = + 1.19.27. Tinggi mata 11 meter. Hitung titik lintangnya.
- 10) Pada tanggal 14 Januari 2018 jam 16.00 waktu setempat di kapal pada posisi duga 59°30'U – 100°8',5 B telah diukur Polaris dengan tu * = 60°14'; ppw = 4.54.12, Koreksi indeks = +0',5; tinggi mata 9 meter; duduk = +00.19.37. Hitung titik lintang.
- 11) KM. Airaha 02 pada tanggal 13 Mei 2018 kira-kira pkl. 15:30:00 (WIB), berada pada posisi 08° 30,6' S – 114°40,4' T. Pada ppw 09-15-20 dibaring matahari dengan baringan pedoman standard (BP) = 300⁰, duduk saat itu (-) 00-58-50. Diketahui haluan pedoman standard = 220°, haluan pedoman kemudi 215°, variasi 2° T. Ditanya:
 - a. Deviasi masing-masing pedoman.
 - b. Haluan sejati KM Tuna II.
- 7) Pada tanggal 1 Juni 2018, posisi duga kapal = 03°16' U/ 104°12' T pada saat matahari terbit tinggi sejati = 0° dibaring matahari dengan pedoman standar = 068°; waktu di kapal = 05-58-00; ppw = 11-01-18; Hatuan pedoman standar = 041°; Haluan Pedoman Kemudi = 040°; nilai variasi = + 1°. Hitung:
 - a. deviasi pedoman standar dan
 - b. pedoman kemudi.
- 8) Kapal Latih Coelacanth berada pada posisi 24°22',6S - 121° 52',7T, pada saat itu waktu duga dikapal menunjukkan pukul 16:10:24 tanggal 13 Maret 2018. Pada saat Chronometer menunjukkan 06:15:22 dibaring Matahari dengan baringan pedoman

standar (BP) 255° . Diketahui variasi di peta tahun 2003 menunjukkan $6^\circ E$ increase about $4'$ annually. Haluan pedoman standar (HP Std) 135° , haluan pedoman kemudi (HP Kmd) 140° dan duduk saat itu (+) 01:54:15. Jika diketahui $T = S$ 80° B.

Hitunglah:

- a. Deviasi masing-masing pedoman.
 - b. Haluan Sejati.
- 9) Pada tanggal 22 Desember 2018 waktu duga di kapal menunjukkan pkl. 08.25.30. Kapal latih KM. Madidihang 04 berada pada posisi: $08^\circ 16',2$ S – $102^\circ 15',4$ T. Pada saat ppw menunjukkan 01.50.08 dibaring matahari dengan baringan pedoman (BP) = 113° . Diketahui duduk saat itu (+) 00.12.08, variasi di peta tahun 2002 tertulis $4^\circ E$ increase about $3'$ annually. Haluan pedoman standar 25° , haluan pedoman kemudi 20° . Hitunglah a. Deviasi pedoman kemudi, b. Deviasi pedoman standar.
- 10) Pada saat praktik di kapal latih, saudara akan mengerjakan tugas untuk menentukan posisi kapal dengan mengukur tinggi benda angkasa. Prosedur dalam melakukan pengukuran tinggi benda angkasa akan dilakukan dalam bentuk kelompok. Sebelum anda melakukannya, anda diminta untuk menjelaskan persiapan peralatan dan dokumen apa saja yang harus anda siapkan di kapal sebelum melakukan pengukuran tinggi benda angkasa?

Catatan:

Untuk menyelesaikan soal-soal diatas gunakan Almanak Nautika tahun 2018, yang dapat di-google dari website: <https://www.thenauticalalmanac.com>

Peserta didik dapat juga menggunakan almanac nautika tahun 2019, 2020 dan tahun selanjutnya untuk menambah pengetahuan.

Test Formatif 7:

Setelah anda membaca kegiatan belajar 7, bacalah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini, kemudian berikan jawaban sesuai dengan pemahaman yang benar.

A. Jawablah dengan membuat tanda silang pada huruf B (jika benar) atau S (jika salah) sesuai dengan pernyataan yang ada.

1. Jika l dan z tak senama maka rumusnya $A + B = C$, maka T tumpul. (B – S).
2. Jika l dan z senama, $P > 90^\circ$ maka rumusnya $A + B = C$, maka T tumpul (B – S).
3. Jika l dan z senama, $P < 90^\circ$ dipakai rumus $A - B = C$, maka T tumpul (B – S).
4. Jika l dan z senama, $P < 90^\circ$ dipakai rumus $B - A = C$, maka T lancip (B – S).
5. Dari daftar XII: dengan argumen l dan T ($0^\circ - 180^\circ$) kita mendapatkan suku A (B-S).
6. Untuk perhitungan lintang Polaris dipakai rumus: Lintang = tinggi sejati + $a_0 + a_1 + a_2 - 1^\circ$ (B – S).
7. Rumus untuk mencari LHA Aries = GHA Aries $\frac{- \text{Bujur Timur}}{+ \text{Bujur Barat}}$ (B – S)
8. Koreksi a_1 : adalah koreksi untuk lintang dari penilik ditambahkan + $0,8'$ (B – S)
9. Koreksi a_1 = dicari berdasarkan lintang duga dan LHA Aries (B – S).
10. Baringan matahari \odot ketika menyinggung tepi langit maya, digunakan rumus:

$$\sin v T = \frac{\cos (l-t) + \sin z}{\cos l \times \cos t}$$
 (B – S).
11. Untuk mencari suku A kita dapat mencarinya dalam daftar XI (B – S).
12. Untuk mencari suku B kita dapat mencarinya dala daftar XII (B – S).
13. Argumentasi untuk mendapat suku A adalah lintang dan zawal (B – S).

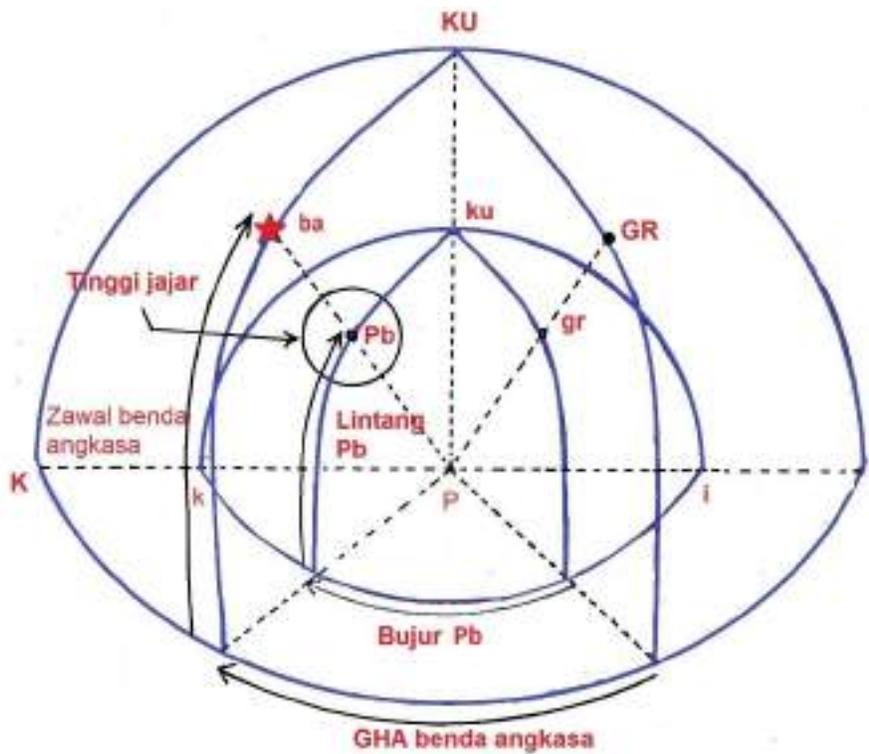
14. Argumentasi untuk mendapat suku B adalah zawal dan P (B – S).
 15. Argumentasi untuk mendapat suku C adalah lintang dan T (B – S).

B. Menjodohkan (pilihlah jawaban yang benar pada kolom sebelah kanan yang sesuai dengan pernyataan pada kolom sebelah kiri).

No	Pernyataan	Jawaban
1.	Untuk mencari azimuth tanpa tinggi, yang diketahui adalah	s. Almanak Nautika
2.	Increment dicari dengan bantuan nilai menit dari:	t. <i>Declinatie</i>
3.	Untuk menghitung azimuth saat matahari terbit yang diketahui adalah	u. <i>Mer. Pass</i>
4.	Untuk mendapatkan nilai GHA Aries dibaca dalam buku	v. $l = z + N$
5.	Untuk mencari azimuth tanpa lintang, yang diketahui adalah	w. L, z dan t
		x. L, z dan P
		y. GMT
		z. t, z dan P

BAB VIII

MENGGUNAKAN PROYEKSI BUMIAWI DAN JAJAR TINGGI UNTUK PENENTUAN POSISI KAPAL



Credit: Silvester

Menggunakan proyeksi bumiawi dan jajar tinggi untuk penentuan posisi kapal

Dari hasil pengamatan benda angkasa dapat diketahui garis tempat kedudukan kapal ($LOP=Line\ of\ position$) selanjutnya dengan beberapa *line of positions* tersebut posisi kapal diperoleh. Penjelasan mengenai garis tinggi benda angkasa hingga metode penentuan posisi dapat dijelaskan dalam materi berikut ini.

1. Proyeksi bumiawi dan jajar tinggi

Menurut Soebekti (1979), jajar tinggi didefinisikan sebagai berikut:

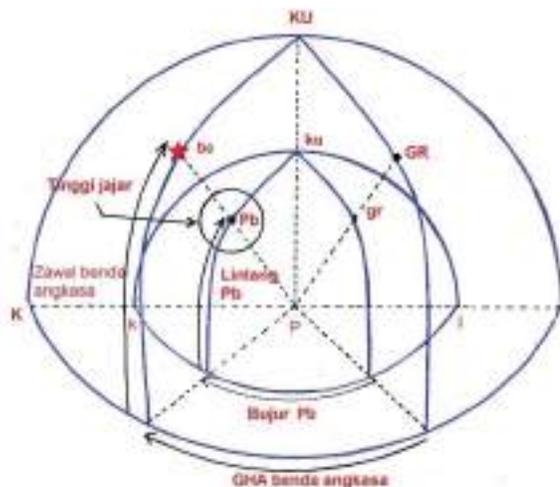
- Tempat kedudukan semua penilik di bumi yang pada saat yang sama dari benda angkasa yang sama mendapatkan tinggi sejati yang sama.
- Sebuah lingkaran di bumi dengan proyeksi bumiawi sebagai titik pusatnya dan jarak puncak sejati ($n = 90^\circ - ts$) sebagai jari-jarinya.

Selanjutnya dikatakan bahwa: lintang proyeksi bumiawi = zawal benda angkasa, dan bujur proyeksi bumiawi = GHA benda angkasa.

Jajar tinggi dapat dilukiskan pada bulatan bumi, dengan proyeksi bumiawi sebagai titik pusat dan jari-jari = $90^\circ -$ tinggi sejati. Apabila benda angkasa berada di dekat atau pada Zenith penilik di meridian angkasa, maka tinggi sejatinya mendekati atau sama dengan 90° . Hal tersebut bisa terjadi jika zawal benda angkasa tersebut senama dan sama/hampir sama dengan lintang penilik. Dapat dipahami bahwa jajar tinggi akan merupakan sebuah lingkaran di bumi dengan jari-jarinya yang kecil.

a. Proyeksi bumiawi.

Menurut Suyono (1993), proyeksi bumiawi (P_b) suatu benda angkasa adalah titik potong dari garis yang menghubungkan titik tengah bumi dan titik tengah benda angkasa dengan permukaan bumi.



Credit: Silvester

Gambar 72: Ilustrasi proyeksi bumiawi benda angkasa

Keterangan: P = pusat bumi, KI = katulistiwa angkasa, GR = Greenwich; Pb = proyeksi bumiawi; ba = benda angkasa; KU = kutub utara angkasa; ki = katulistiwa bumi; ku = kutub utara bumi

(1) Koordinat benda angkasa (ba).

GHA ba = sebagian busur dari katulistiwa angkasa dihitung dari *meridian Greenwich* hingga benda angkasa.

Zawal ba = sebagian busur dari lingkaran deklinasi KUKS dihitung dari katulistiwa angkasa hingga benda angkasa.

(2) Koordinat proyeksi bumiawi (Pb)

Bujur Pb = sebagian busur dari katulistiwa bumi dihitung ke arah barat dari meridian Greenwich.

Lintang = sebagian busur dari meridian Pb dihitung dari katulistiwa bumi hingga Pb.

(3) Perhitungan Pb.

Untuk mengetahui letak Pb suatu benda angkasa pada suatu saat tertentu, terlebih dulu kita harus mengetahui GMT (untuk menentukan zawal dan sudut jam).

- Untuk matahari (☉)

$$\frac{\text{Lintang utara}}{\text{Lintang selatan}} Pb = \frac{\text{zawal utara}}{\text{zawal selatan}} \odot$$

$$\begin{aligned} \text{Bujur barat Pb} &= \text{SJB } (\odot) \text{ terhadap } \textit{Greenwich} \\ &= \text{GHA } \odot \end{aligned}$$

- Untuk bintang (*)

$$\frac{\text{Lintang utara}}{\text{Lintang selatan}} Pb = \frac{\text{zawal utara}}{\text{zawal selatan}} *$$

$$\begin{aligned} \text{Bujur barat Pb} &= \text{SJB } * \text{ terhadap } \textit{Greenwich} \\ &= \gamma \text{ GHA} + \text{SHA } * \end{aligned}$$

Apabila bujur barat Pb > 180°, maka merubahnya menjadi bujur timur, dengan mengurangkannya dari 360° (BT = 360° – Bujur Barat)

(4) Skema perhitungan Pb.

Wkt. duga di kapal =(tgl.....)

BT/BB dalam waktu =+

GMT duga =(tgl.....)

Ppw =

Ddk =+

∴ GMT =(tgl.....)

GHA ☉ =

Incr. =+

GHA ☉ =(1)

Zawal ☉ =(2)

γ GHA =

Incr. =

SHA* =+

∴ GHA* =(1)

Zawal* =(2)

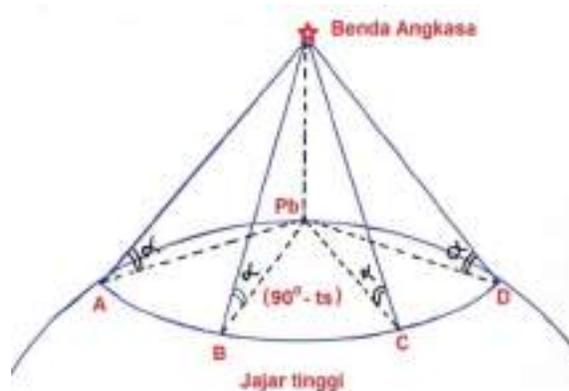
∴ Pb = Lintang.....(2)

Bujur(1)

b. Jajar tinggi

Menurut Soebekti (1979), jajar tinggi adalah tempat kedudukan semua penilik di bumi, yang pada saat yang sama, dari benda angkasa yang sama, mendapatkan tinggi sejati yang sama. Jajar tinggi juga merupakan sebuah lingkaran di bumi, dengan P_b sebagai titik pusatnya dan jarak puncak sejati (n) sebagai jari-jarinya. Pada umumnya jajar tinggi itu merupakan lingkaran kecil.

Menurut Suyono (1993), jajar tinggi adalah sebuah lingkaran kecil di bumi dimana berada peninjau-peninjau yang pada saat yang sama mempunyai tinggi sejati yang sama dari sebuah benda angkasa.



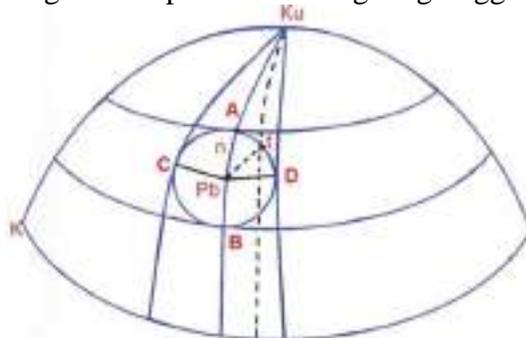
Credit: Silvester

Gambar 73: Ilustrasi jajar tinggi

Keterangan: P_b = proyeksi bumiawi; jari-jari $P_b = 90^\circ - ts$; A, B, C dan D berada pada jajar tinggi merupakan penilik-penilik yang mengukur sudut benda angkasa yang sama pada saat yang sama dengan tinggi yang sama pula.

Jajar tinggi pada bola bumi (*globe*).

Apabila P_b telah dihitung, maka titik ini dengan lintang/bujurnya dapat dilukis pada globe; dan setelah tinggi sejati benda angkasa tersebut ditentukan, maka kita dapat pula melukis lingkaran dengan $90^\circ - ts$ sebagai jari-jarinya dan P_b tersebut sebagai titik pusatnya pada *globe* tersebut. Lintang P_b = zawal benda angkasa dan bujur P_b = GHA benda angkasa. P_b sebagai pusat dilukis lingkaran menggunakan jari-jari = n ($n = 90^\circ - ts$). Titik paling utara/selatan dan titik paling timur/barat dilukis sebagai dasar pembuatan lengkung tinggi di peta.



Credit: Silvester

Gambar 74: Jajar tinggi pada bulatan bumi

Keterangan: A = titik paling utara; B = titik paling selatan; C = titik paling barat; D = titik paling timur; t = perpotongan jajar tinggi dengan jajar sembarang.

- (1) Titik A dan B terletak pada bujur/derajah yang sama dengan Pb, sedang titik lintang A (titik paling utara dari jajar tinggi) = lintang Pb (zawal) + n dan titik lintang B (titik paling selatan dari jajar tinggi) = lintang Pb (zawal) - n.
- (2) AB dan CD merupakan sumbu simetris dari lengkung tinggi. Lintang titik C (titik paling timur) dan D (titik paling barat) dihitung dengan aturan Cosinus pada segitiga bola Ku Pb D menurut Neper:

$$\begin{aligned} \cos(Ku Pb) &= \cos Pb D \cdot \cos Ku D \\ \cos(90^\circ - z) &= \cos(90^\circ - ts) \cdot \cos(90^\circ - l) \\ \sin z &= \sin ts \cdot \sin l \\ \therefore \sin l &= \sin z \cdot \operatorname{cosec} ts \end{aligned}$$

Bujur titik C dan D mempunyai selisih bujur dengan bujur Pb yang disebut delta (Δ) Bujur (Bu).

Selanjutnya:

$$\begin{aligned} \sin(90^\circ - ts) &= \sin(90^\circ - z) \cdot \sin \Delta Bu \\ \cos ts &= \cos z \cdot \sin \Delta Bu \\ \therefore \sin \Delta Bu &= \cos ts \cdot \sec z \end{aligned}$$

- (3) Pada perpotongan dengan sembarang jajar di titik t.
Dalam segitiga bola Ku t Pb (pada gambar 75 di atas)

$$\begin{aligned} \cos(90^\circ - ts) &= \cos(90^\circ - l) \cdot \cos(90^\circ - z) + \sin(90^\circ - l) \cdot \sin(90^\circ - z) \cdot \cos P \\ \sin ts &= \sin l \cdot \sin z + \cos l \cdot \cos z \cdot \cos P \\ \rightarrow \cos l \cdot \cos z \cdot \cos P &= \sin ts - \sin l \cdot \sin z \\ \therefore \cos P &= \frac{\sin ts - \sin l \cdot \sin z}{\cos l \cdot \cos z} \\ \text{Atau dijabarkan menjadi:} \\ \sin \text{Vers } P &= \frac{\cos(l-z) - \sin ts}{\cos l \cdot \cos z} \quad (\text{Rumus Douwes untuk sudut jam } (P)) \end{aligned}$$

Contoh perhitungan jajar tinggi:

Pada tanggal 14 Juli 2018 dengan ppw 8-12-29, tu $\odot = 38^\circ 42'$, duduk pengukur waktu = +1-8-37. Di *Greenwich* waktu siang hari, tinggi mata 12 meter. Hitung jajar tinggi

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Ppw} &= 8-12-29 \\ \text{Ddk} &= +1-18-37 + \\ \text{GMT} &= 9-31-06 \quad (18 \text{ Juli } 2018) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{GHA } \odot &= 313^{\circ} 32',0 \\
\text{Corr.} &= \underline{7^{\circ} 46',5+} \\
\text{GHA } \odot &= 321^{\circ} 18',5 \\
&\quad 38^{\circ} 41',5 \\
\text{Tu } \odot &= 38^{\circ} 42' \\
\text{Kor.Tm} &= 8',7 \\
\text{Kor.tgl} &= \underline{- 0',2+} \\
\text{Ts } \ominus &= 38^{\circ} 50',5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{zawal} &= 21^{\circ} 39',4 \text{ U} \\
\text{v.corr} &= \underline{0',2-} \\
\text{zawal} &= 21^{\circ} 39',2 \text{ U atau Lintang Pb.} \\
\therefore \text{ bujur dari Pb} &= 38^{\circ} 41',5 \text{ T}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\therefore \text{ Jajar tinggi} &= (90^{\circ} - \text{ts}) \\
&= 90^{\circ} - 38^{\circ} 50',5 \\
&= 51^{\circ} 09',5
\end{aligned}$$

Catatan:

Untuk menyelesaikan soal-soal diatas gunakan Almanak Nautika tahun 2018, yang dapat di-google dari website: <https://www.thenauticalalmanac.com>
 Peserta didik dapat juga menggunakan almanac nautika tahun 2019, 2020 dan tahun selanjutnya untuk menambah pengetahuan.

2. Lengkung tinggi dan garis tinggi.

Menurut Martopo (1992), lengkung tinggi adalah gambaran jajar tinggi pada peta lintang bertumbuh. Garis tinggi adalah: sebuah garis lurus di peta yang merupakan sebagian dari lengkung tinggi, dilukis pada titik tinggi, tegak lurus terhadap arah azimuth benda angkasa.

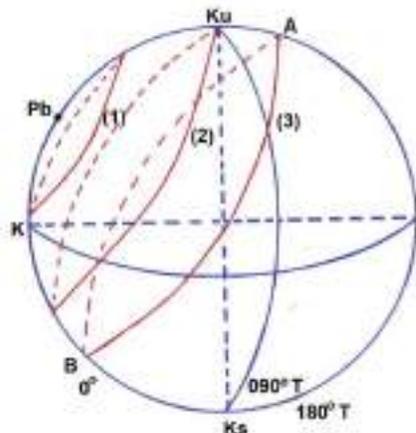
a. Lengkung tinggi.

Bentuk lengkung tinggi tergantung pada kedudukan jajar tinggi terhadap kutub bumi. Melukis jajar tinggi pada bulatan bumi (*globe*) dilakukan dengan cara terlebih dahulu menentukan lintang dan bujur Pb. Setelah itu jari-jari jajar tinggi dilukis sebesar $90^{\circ} - \text{ts}$ benda angkasa. Sebagai dasar lukisan lengkung tinggi, terlebih dahulu ditentukan titik paling utara/selatan serta paling timur/barat dari jajar tinggi. Dengan bantuan rumus Douwes untuk sudut jam, jika lintang diganti untuk berbagai nilai, maka akan diperoleh perbedaan bujur antara Pb dan titik potong dari jajar-jajar dengan jajar tinggi.

Bentuk lengkung tinggi di peta bertumbuh:

Kita bedakan tiga bentuk umum lengkung tinggi, yaitu:

- Kutub (yang senama) terletak di luar jajar tinggi ($z + n < 90^{\circ}$).
- Kutub (yang senama) terletak pada jajar tinggi ($z + n = 90^{\circ}$).
- Kutub (yang senama) terletak di dalam jajar tinggi ($z + n > 90^{\circ}$).

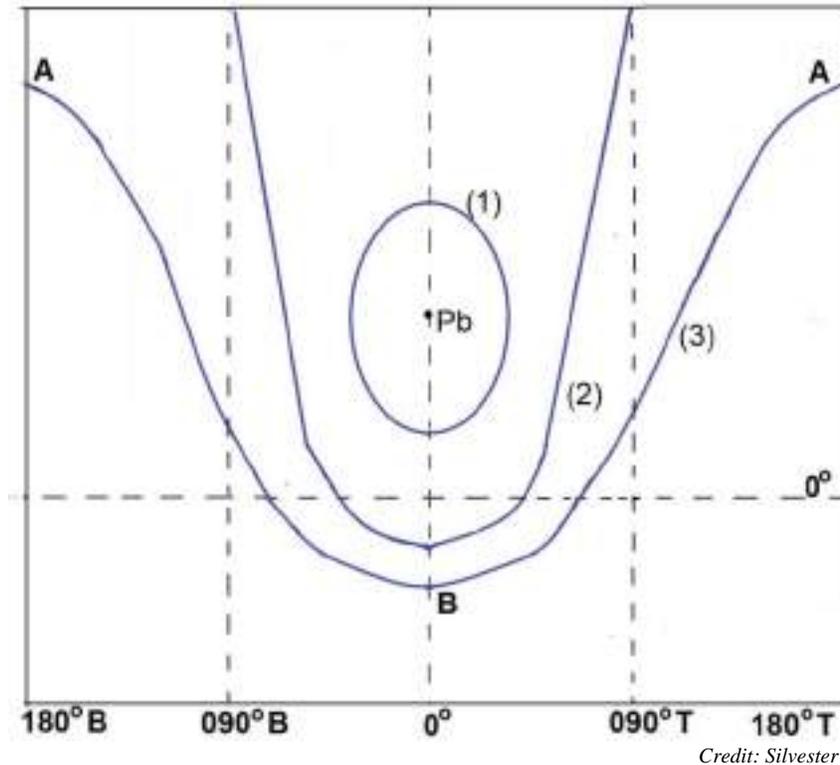


Credit: Silvester

Gambar 75: Bentuk lengkung tinggi pada bola bumi

Keterangan: (1) Kutub di luar jajar tinggi ($z + n < 90^\circ$); (2) kutub pada jajar tinggi ($z + n = 90^\circ$); Kutub di dalam jajar tinggi ($z + n > 90^\circ$).

Selanjutnya kita melihat lengkungan jajar tinggi pada peta bertumbuh, dapat digambarkan dalam gambar 77 berikut ini.



Gambar 76: Lengkungan tinggi di peta lintang bertumbuh.

Keterangan: (1) Kutub yang senama berada di luar jajar tinggi ($z + n < 90^\circ$); (2) Kutub yang senama terletak pada jajar tinggi ($z + n = 90^\circ$); (3) Kutub yang senama berada di dalam jajar tinggi ($z + n > 90^\circ$).

Penjelasan untuk lengkung jajar tinggi.

(1) Kutub terletak di luar jajar tinggi (berbentuk elips), hal ini terjadi jika :

$Z + n < 90^\circ$ atau $z < ts$. Gambarnya jajar tinggi ini merupakan suatu lengkungan tertutup (elips), simetris terhadap lingkaran bujur yang melalui Pb.

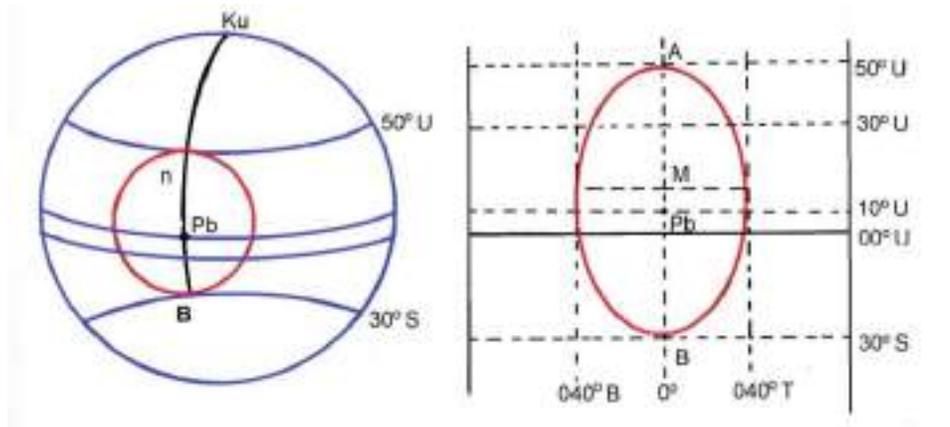
Contoh:

Zawal (deklinasi) benda angkasa = 10° U, tinggi sejati (ts) = 50° , $GHA = 000^\circ$. Dapat dihitung sebagai berikut: Lintang Pb = 10° U, Bujur Pb = 000° . Jari-jari jajar tinggi (n) = $90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$. Maka titik paling Utara = $z + n = 10^\circ + 40^\circ = 50^\circ$ U

Titik paling Selatan = $z - n = 10^\circ - 40^\circ = -30^\circ = 30^\circ$ S

Titik paling Timur/Barat dapat dihitung kira-kira 40° T dan 40° B.

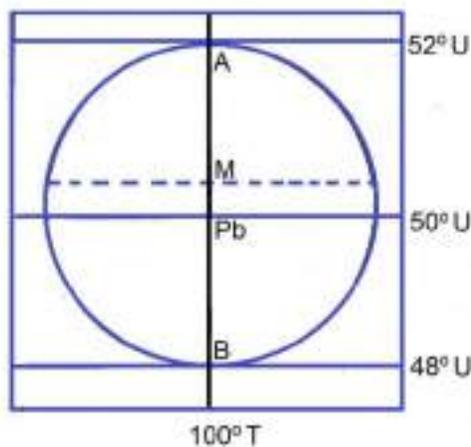
Bentuk lengkung tinggi tidak lagi lingkaran, karena pada peta lintang bertumbuh skala berubah sesuai dengan secans lintangnya. Demikian juga titik pusat jajar tinggi (Pb) tidak berimpit dengan titik pusat elips, seperti terlihat pada gambar 78 berikut ini.



Credit: Silvester

Gambar 77: Lengkungan tinggi menjadi elips pada peta bertumbuh, titik pusat Pb tidak berimpit dengan titik pusat elips. Keterangan: Pb = titik pusat jajar tinggi; M = titik pusat lengkung tinggi.

Apabila ts benda angkasa $> 85^\circ$ maka bentuk lengkung tinggi di peta nyaris berupa lingkaran. Cara melukiskannya dengan terlebih dahulu meletakkan koordinat Pb di peta. Pada meridian yang melalui Pb diukur $n = 90^\circ - ts$ dari Pb ke arah Utara dan Selatan menggunakan skala lintang peta, dan akan mendapat titik A dan B. Dengan AB sebagai garis tengah, lukiskan lingkaran yang dapat menggantikan lengkung tinggi, maka titik pusat lingkaran tersebut akan jatuh pada lintang yang lebih tinggi dari Pb.



Keterangan:

Misalnya: $z = 50^\circ \text{ U}$, $ts = 88^\circ$, $GHA = 26^\circ$,
maka lintang:

$Pb = 50^\circ \text{ U}$, Bujur Pb = 100° T ,
 $n = 90^\circ - 88^\circ = 2^\circ$.

Titik paling utara (A) =
 $z + n = 50^\circ + 2^\circ = 52^\circ \text{ U}$.

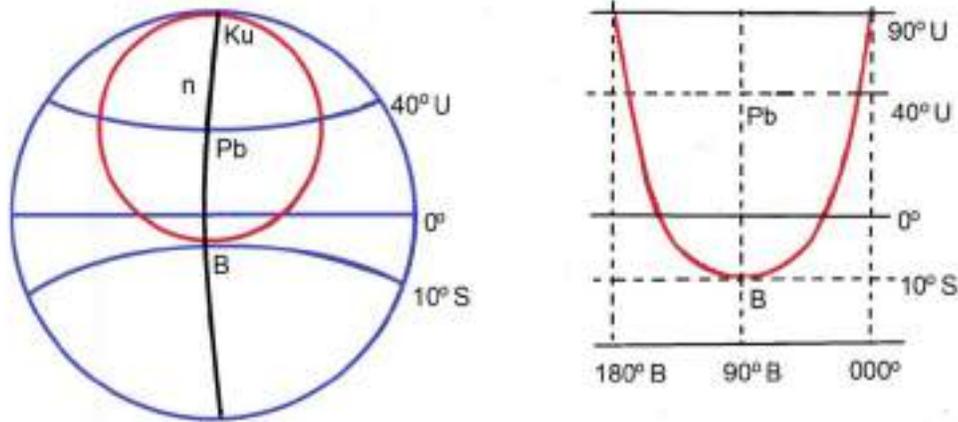
Titik paling selatan (B) =
 $z - n = 50^\circ - 2^\circ = 48^\circ \text{ U}$.

Titik pusat lingkaran lengkung tinggi (M)
berada diatas Pb karena skala lintang peta
yang bertumbuh.

Gambar 78: Titik pusat Pb dan lengkung tinggi

- (2) Kutub terletak pada jajar tinggi (lengkung tinggi berbentuk lengkung terbuka seperti parabola).

Hal ini terjadi jika kutub terletak pada jajar tinggi atau $z + n = 90^\circ$ dan $z = ts$. Lingkaran bujur yang berbeda 90° dengan bujur Pb menyinggung jajar tinggi di kutub.



Credit: Silvester

Gambar 79: Lengkung tinggi berbentuk parabola

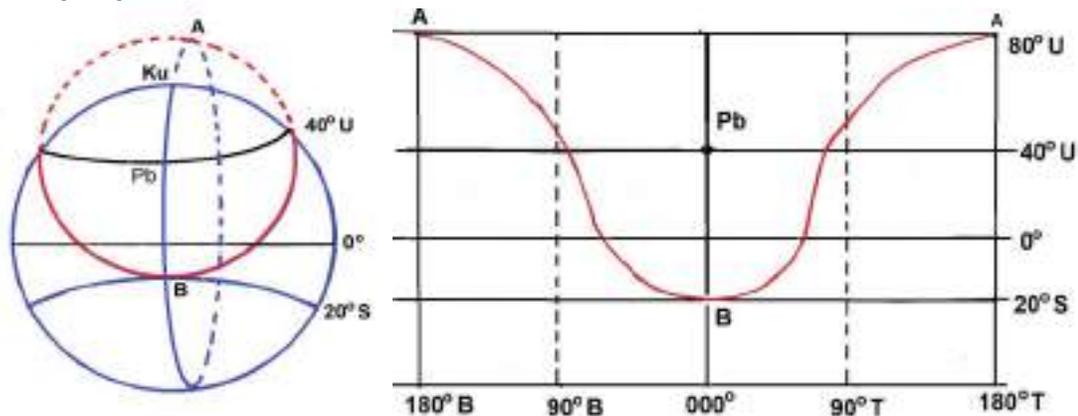
Keterangan: Lengkung tinggi menyinggung di kutub pada dua lingkaran bujur yang berbeda 90° dengan bujur Pb.

Misalnya $z = 50^\circ \text{ U}$, $ts = 40^\circ$, $\text{GHA} = 90^\circ$ jadi lintang $\text{Pb} = 40^\circ \text{ U}$, bujur $\text{Pb} = 090^\circ \text{ B}$, $n = 90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$.

Titik paling utara = $z + n = 40^\circ \text{ U} + 50^\circ = 90^\circ \text{ U}$ dan jatuh berimpit dengan kutub utara. Pada titik ini jajar tinggi menyinggung kedua derajat 000° dan 180° .

Titik paling selatan = $z - n = 40^\circ - 50^\circ = 10^\circ \text{ S}$. Pada peta lintang bertumbuh lengkung tinggi ini tidak dapat seluruhnya dilukis sebab kutub tidak dapat dilukiskan pada peta tersebut.

- (3) Kutub terletak di dalam jajar tinggi (lengkung tinggi berbentuk lengkungan terbuka yang memotong semua lingkaran bujur dan simetris terhadap lingkaran bujur yang melalui Pb). Hal ini terjadi jika $z + n > 90^\circ$ atau $z > ts$.



Credit: Silvester

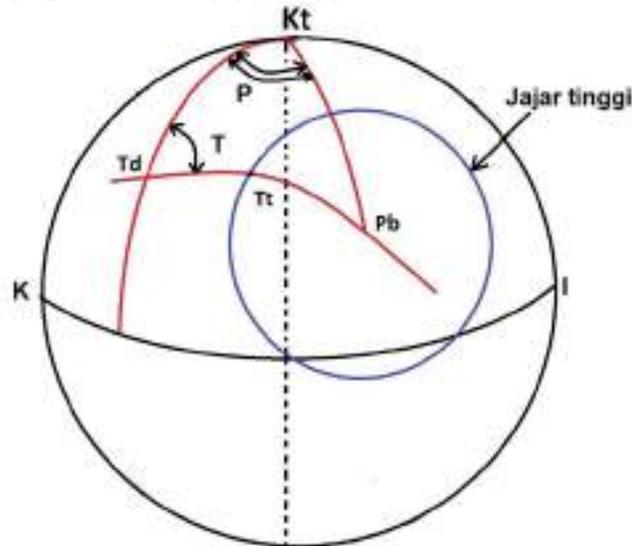
Gambar 80: Lengkung tinggi berbentuk lengkungan terbuka

Keterangan: Misalnya: $z = 40^\circ \text{ U}$, $ts = 30^\circ$ dan $\text{GHA} = 000^\circ$. Lintang $\text{Pb} = 40^\circ \text{ U}$, Bujur $\text{Pb} = 000^\circ$, maka $n = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$, Titik paling utara = $180^\circ - (z + n) = 180^\circ - 100^\circ = 80^\circ \text{ U}$. Titik ini terletak pada lingkaran bujur 180° . Titik paling selatan = $z - n = 40^\circ - 60^\circ = 20^\circ \text{ S}$.

- (4) Apabila $z = \text{nol}$, maka Pb terletak di katulistiwa, $n = 90^\circ$ jadi jajar tinggi merupakan lingkaran besar dan digambarkan sebagai 2 lingkaran bujur yang berbeda 90° dengan bujur Pb .

- (5) Apabila $z = 90^\circ$, maka Pb berada di kutub dan jajar tinggi merupakan jajar di bumi, bentuk lengkung tinggi berupa garis lurus lintang (misalnya pada bintang Polaris).

Hubungan antara segitiga paralaks dan jajar tinggi.



Credit: Silvester

Gambar 81: Jajar tinggi dan segitiga bola angkasa (paralaks)

Keterangan: Kt = kutub, KI = katulistiwa, Td = tempat duga, Pb = proyeksi bumiawi, Tt = titik tinggi, $\angle Td, Pb = 90^\circ - th$, $\angle Tt, Pb = 90^\circ - ts$, Arah Td - Pb = arah asimut benda angkasa yang bersangkutan (T).

b. Garis tinggi

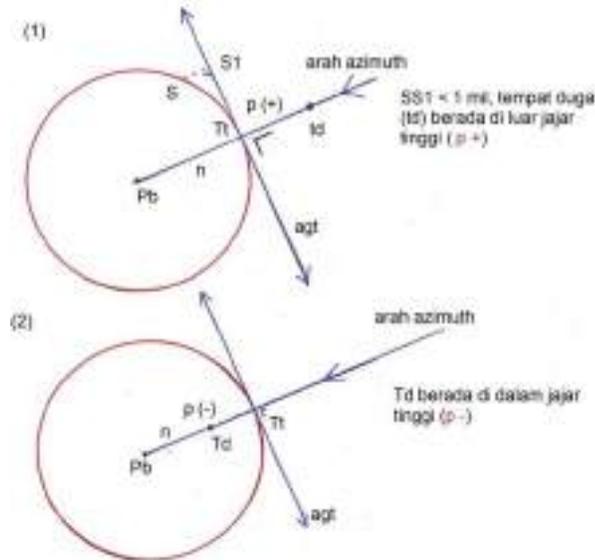
Sebagian dari lengkungan tinggi di dekat tempat duga, dapat digantikan dengan garis singgung, kecuali untuk tinggi yang sangat besar ($ts > 85^\circ$). Untuk menarik garis singgung ini, diperlukan:

- suatu titik pada lengkungan tinggi di dekat tempat duga (titik yang dihitung)
- arah lengkungan tinggi di titik yang dihitung tersebut.

Karena peta bertumbuh itu *conform*, maka lengkungan tinggipun bergerak tegak lurus pada arah azimuth. Juga garis singgungnya ditarik tegak lurus pada arah tersebut di titik singgung. Garis singgung inilah yang disebut: garis tinggi.

Garis tinggi ialah: garis lurus di peta yang ditarik melalui titik yang dihitung tegak lurus arah azimuth dan yang dapat menggantikan sebagian lengkungan tinggi. Garis tinggi tersebut merupakan garis singgung yang bersifat loxodrom. Garis tinggi sebagai tempat kedudukan cukup akurat apabila penyimpangan garis terhadap lengkung < 1 mil.

Panjang garis tinggi sama dengan sebagian garis tinggi, antara titik yang dihitung dan proyeksi tempat sejati pada garis tinggi tersebut. Untuk memakai garis tinggi sebagai pengganti dari lengkungan tinggi, maka tinggi benda angkasa tidak boleh terlampaui besar ($> 85^\circ$)



Credit: Silvester

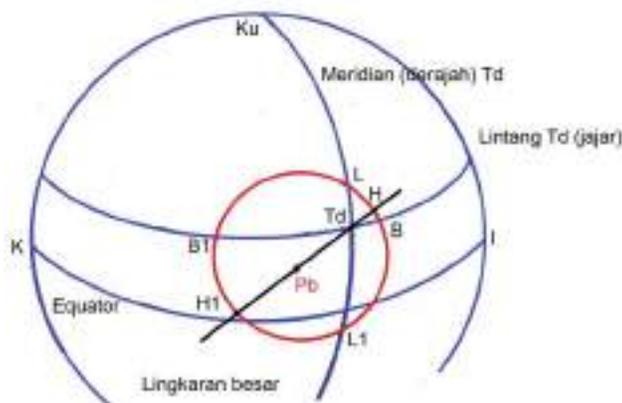
Gambar 82: Kedudukan arah garis tinggi (agt) dan tempat duga.

Keterangan: (1): $t_s > t_h$, $p (+)$ diukur ke arah azimuth; (2) $t_s < t_h$, $p (-)$ diukur berlawanan arah dengan azimuth; $TtS1$ = panjang garis tinggi

Dalam pengamatan benda angkasa diperlukan sedikitnya dua garis tinggi untuk menentukan posisi kapal, pada prakteknya di kapal seorang Muallim akan menyiapkan ± 7 bintang sebelum pengamatan saat matahari terbit (*sun rise*) atau saat matahari terbenam (*sun set*). Sebaiknya pengamatan matahari dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan perpotongan garis tinggi dengan pergeseran sesuai waktu pelayaran.

3. Titik tinggi, titik lintang dan titik bujur

Menurut Soebekti (1979), titik tinggi (H) atau *altitude point* yaitu titik potong (yang terdekat dengan tempat duga) dari jarak tinggi dengan lingkaran besar yang melalui tempat duga dan P_b benda angkasa.



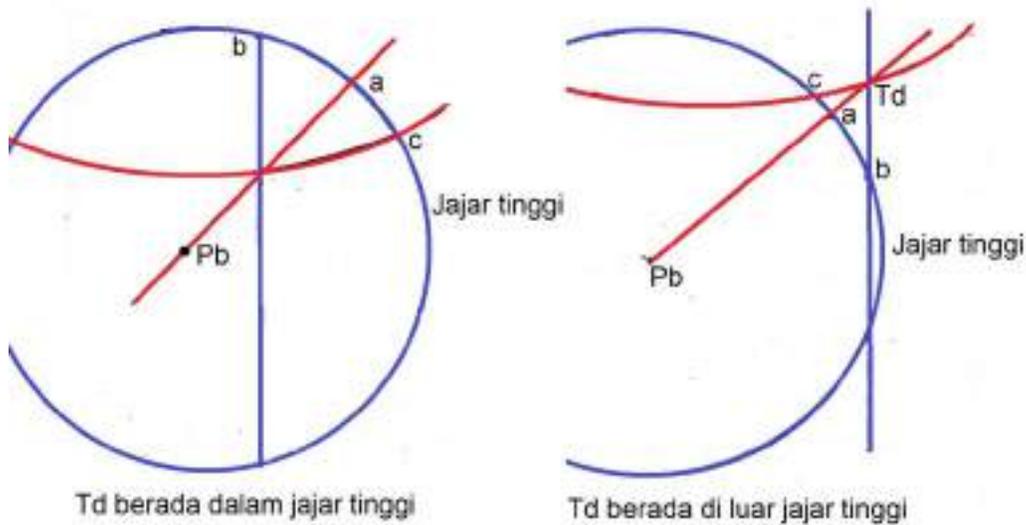
Credit: Silvester

Gambar 83: Kedudukan titik tinggi, titik bujur dan titik lintang

Keterangan: P_b = proyeksi bumiawi; T_d = tempat duga; H = titik tinggi; L = titik lintang; B = titik bujur, K_u = kutub utara.

Untuk memperoleh titik tersebut, lebih dahulu kita harus menghitung tinggi hitung (th) benda angkasa. Melukis sebuah garis tinggi diperlukan sebuah titik pada lengkung tinggi yang berada di dekat tempat duga (*Metode Marcq Sain Hilaire /Villarceau*). Titik lintang (L) atau *latitude point* yaitu titik potong (yang terdekat dengan tempat duga) dari jajar tinggi dengan derajat tempat duga (Soebekti, 1979). Dari titik ini telah diketahui bujurnya, ialah sama dengan bujur duga kapal. Jadi kita tinggal menghitung lintangnya (*Metode De Hart*).

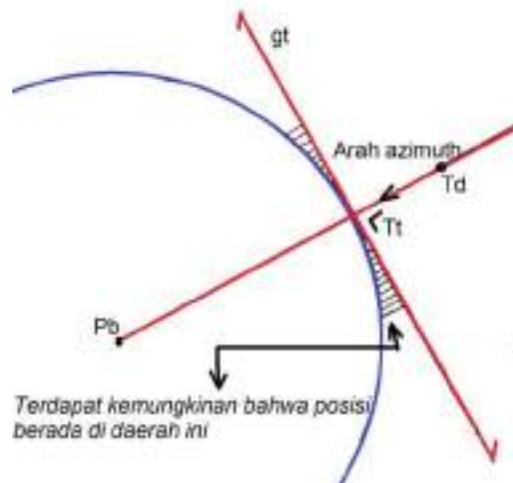
Titik bujur (B) atau *longitude point* yaitu titik potong (yang terdekat dengan tempat duga) dari jajar tinggi dengan jajar tempat duga (Soebekti, 1979). Dari titik ini telah diketahui lintangnya, yaitu sama dengan lintang duga kapal. Kita tinggal menghitung bujurnya (*Metode Summer*).



Credit: Silvester

Gambar 84: Kedudukan titik tinggi, titik lintang dan titik bujur

Keterangan: Pb = proyeksi bumiawi; Td = tempat duga, a = titik tinggi, b = titik lintang, c = titik bujur.



Credit: Silvester

Gambar 85: Kedudukan titik tinggi, titik lintang dan titik bujur

Keterangan: Pb = proyeksi bumiawi, gt = garis tinggi (LOP), Tt = titik tinggi.

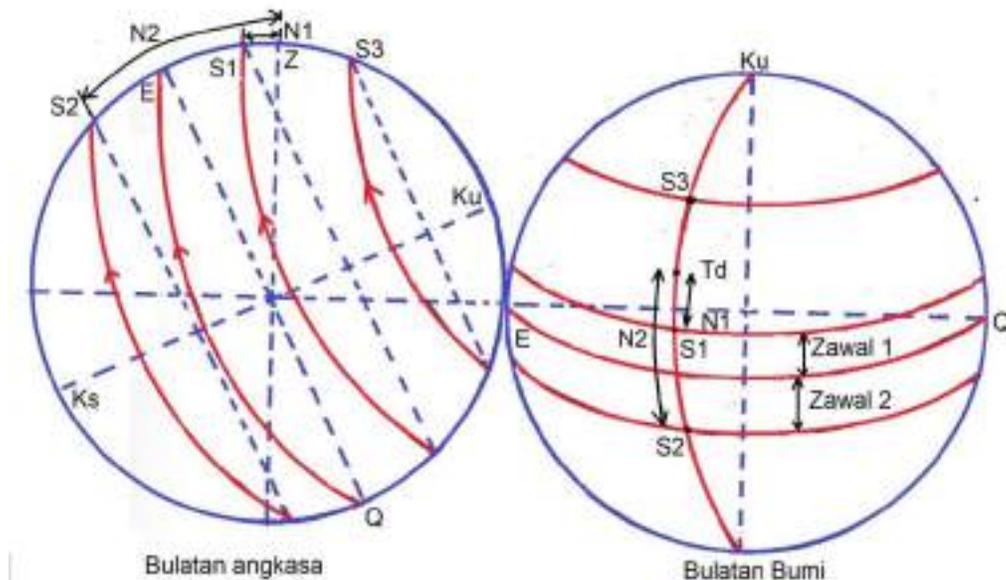
Dengan anggapan bahwa sebuah garis tinggi merupakan sebagian dari lengkung tinggi yang menjadi *line of position (LOP)* tempat kedudukan kapal, maka dapat terjadi beberapa kesalahan sebagai berikut:

- Garis Pb – Td seharusnya berupa lingkaran besar, tetapi dilukis sebagai garis lurus.
- Azimuth dilukis dan diperhitungkan dari Td, sedangkan seharusnya di titik tinggi.
- Garis tinggi dilukiskan berupa garis lurus, seharusnya berbentuk sesuai lengkung tinggi di peta Mercator (peta lintang bertumbuh).

Penggunaan titik lintang, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Jika benda angkasa berada di meridian pengamat/penilik.
- Jika dipakai pengamatan bintang Polaris.

Untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar 87 berikut ini:



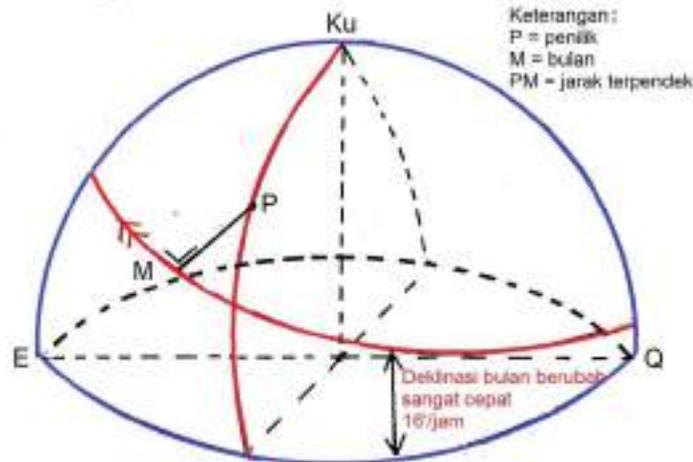
Credit: Silvester

Gambar 86: Ilustrasi benda angkasa di meridian penilik.

Ketika benda angkasa berada di meridian penilik, maka tinggi benda angkasa maksimum, jarak puncak (n) minimum, dan baringan sejati utara/selatan. Untuk mengukur tinggi maksimum pada saat benda angkasa berada di meridian penilik, dapat dilakukan dengan cara:

- Untuk matahari tinggi maksimum diperoleh dengan mengukur/mengikuti tinggi matahari memakai *sextant* waktu *Mer.Pass*.
- Untuk bintang dan planet dihitung saat LHA = nol, lalu diukur tingginya.
- Untuk bulan dipakai cara lain mengingat perubahan zawal bulan yang bergerak sangat cepat.

Pada waktu bulan berada di meridian penilik, maka saat itu bukanlah jarak terpendek dari penilik terhadap lintasan harian bulan.



Credit: Silvester

Gambar 87: Perubahan deklinasi (zawal) bulan.

Karena perubahan deklinasi (zawal) bulan sangat cepat pada lintasan hariannya, maka lintasan tersebut tidak sejajar dengan katulistiwa. Jarak terpendek penilik adalah PM tetapi saat itu bulan tidak lagi berada di meridian penilik, sehingga tidak dapat dipakai rumus $\text{Lintang} = \text{zawal} - N$.

4. Perhitungan titik tinggi

Perhitungan titik tinggi dipakai untuk mendapatkan nilai th (tinggi hitung) dengan mempergunakan table dan almanak nautika. Rumus umum yang dipakai adalah Rumus *Douwes* untuk tinggi sebagai berikut:

$$\sin th = \cos (l \pm z) - \cos l \cdot \cos z \cdot \sin P$$

Keterangan:

th = tinggi hitung

l = lintang duga

z = zawal benda angkasa

P = sudut jam barat benda angkasa

(Nilai min (-), jika l dan z adalah senama, plus (+), jika l dan z tidak senama)

Memilih titik yang akan dihitung:

Diantara tiga titik tersebut, ternyata titik yang akan dipakai adalah titik tinggi, dengan alasan sebagai berikut:

- Panjang garis tinggi melalui titik tinggi selalu < salah duga.
- Setiap penilikan dapat dihitung menurut titik tinggi, kecuali tingi-tinggi yang $> 85^\circ$.
- Tidak tergantung dari bear kecilnya sudut jam.
- Tidak tergantung dari besar kecilnya azimuth dan salah duga.
- Tidak diperlukan penyelidikan lebih dahulu apakah titik lintang adalah lebih baik dari pada titik bujur atau sebaliknya.

Rumus yang digunakan adalah $(l + z)$ jika lintang dan zawal tak senama, dan $(l - z)$ atau $(z - l)$ jika lintang dan zawal senama.

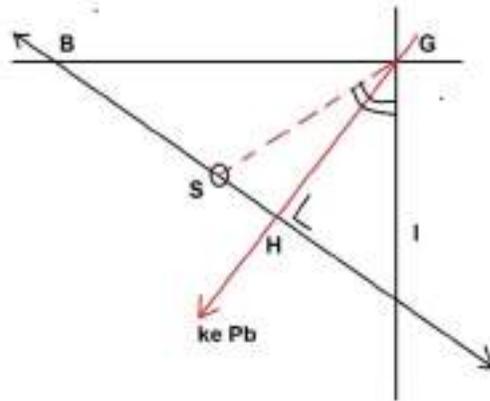
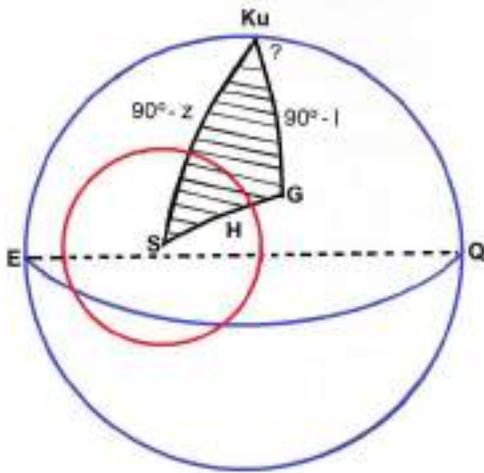
a. Lintang dan zawal senama

Aturan Cosinus

Pada segitiga bola KuGS

$$\begin{aligned} \cos GS &= \cos KuG \cdot \cos KuS + \sin KuG \cdot \sin KuS \cdot \cos P \\ \cos (90^\circ - th) &= \cos (90^\circ - l) \cdot \cos (90^\circ - z) + \sin (90^\circ - l) \cdot \sin (90^\circ - z) \cdot \cos P \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin th &= \sin l \cdot \sin z + \cos l \cdot \cos z \cdot (1 - \sin v P) \\ \sin th &= \sin l \cdot \sin z + \cos l \cdot \cos z - \cos l \cdot \cos z \cdot \sin v P \\ \therefore \sin th &= \cos (l - z) - \cos l \cdot \cos z \cdot \sin v P \end{aligned}$$



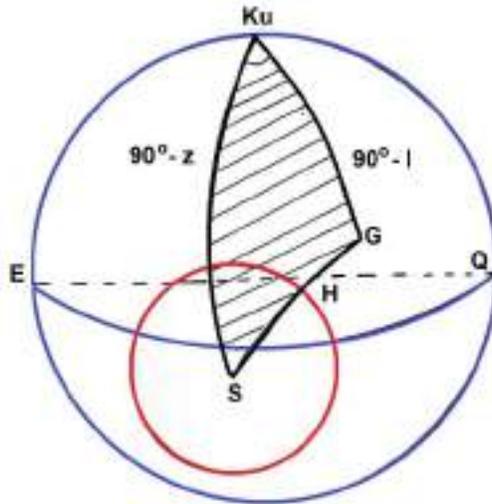
Credit: Silvester

Gambar 88: Ilustrasi untuk segitiga bola pada lintang dan zawal yang senama.
Keterangan: GS = salah duga, HS = panjang tinggi, S = posisi sejati; selalu $HS < GS$.

b. Lintang dan zawal tak senama

Apabila lintang dan zawal tidak senama, maka $(90^\circ - z)$ diganti $(90^\circ + z)$.

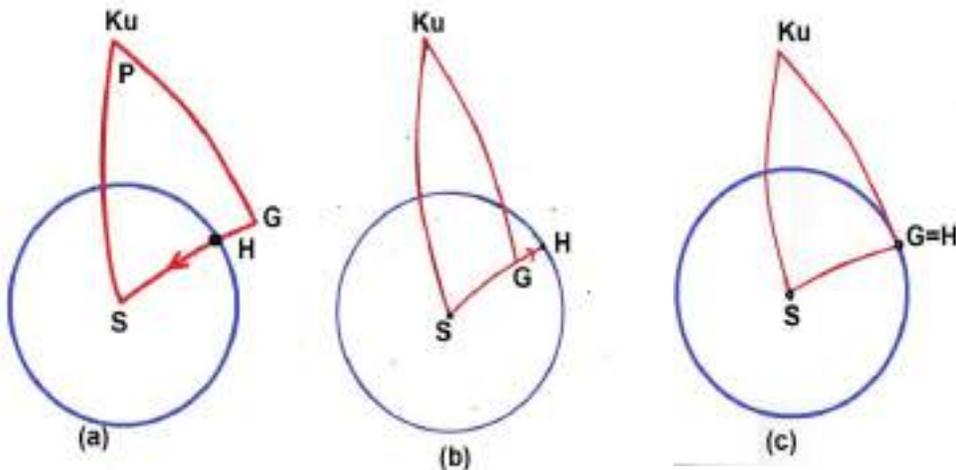
$$\begin{aligned} \cos (90^\circ - z) &\text{ menjadi } \cos (90^\circ + z) = -\sin z. \\ \sin (90^\circ - z) &\text{ menjadi } \sin (90^\circ + z) = \cos z \\ \sin th &= \sin l \cdot \sin z + \cos l \cdot \cos z - \cos l \cdot \cos z \cdot \sin v P \\ \therefore \sin th &= \cos (l + z) - \cos l \cdot \cos z \cdot \sin v P \end{aligned}$$



Credit: Silvester

Gambar 89: Ilustrasi untuk segitiga bola pada lintang dan zawal yang tak senama.
Keterangan: G = tempat duga, H = titik tinggi, $SG = 90^\circ - th$; $HS = 90^\circ - ts$, S = benda angkasa.

c. Letak titik tinggi terhadap tempat duga



Credit: Silvester

Gambar 90: Ilustrasi 3 posisi letak titik tinggi (H) terhadap tempat duga (G)
Keterangan: Dalam semua gambar (a), (b) dan (c) menghasilkan $GS = 90^\circ - th$, dan $HS = 90^\circ - ts$

- (1) Jika tempat duga terletak di luar jajar tinggi (gambar 91 a)
Arah GH adalah searah dengan azimuth benda angkasa. $GS > HS$
 $GS - HS > 0$
 $(90^\circ - th) - (90^\circ - ts) > 0$
 $90^\circ - th - 90^\circ + ts > 0$
 $Ts - th > 0$ atau $ts > th$
 Nilai $ts - th$ disebut selisih tinggi (p). Banyaknya menit p sama dengan jarak G ke H dalam mil laut.
- (2) Jika tempat duga terletak di dalam jajar tinggi (gambar 91 b)
Arah GH berlawanan dengan arah azimuth

$$GS < HS$$

$$GS - HS < 0$$

$$(90^\circ - th) - (90^\circ - ts) < 0$$

$$90^\circ - th - 90^\circ + ts < 0$$

$$Ts - th < 0 \text{ atau } ts < th$$

(3) Jika tempat duga terletak pada jajar tinggi, titik G dan titik H berimpit (gambar 91 c).

$$GS = HS$$

$$GS - HS = 0$$

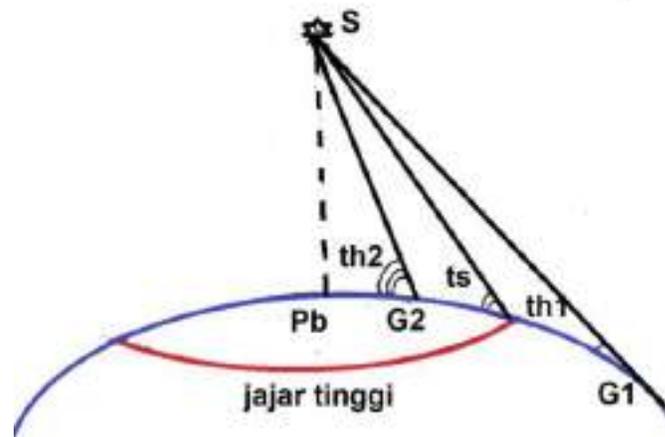
$$(90^\circ - th) - (90^\circ - ts) = 0$$

$$90^\circ - th - 90^\circ + ts = 0$$

$$Ts - th = 0 \text{ atau } ts = th$$

Kesimpulan:

- Jika $ts - th > 0$ atau $ts > th$ maka G terletak di luar jajar tinggi dan GH searah dengan azimuth di G, disini p adalah positif (+).
- Jika $ts - th < 0$ atau $ts < th$, maka G terletak di dalam jajar tinggi dan GH mengarah berlawanan dengan arah azimuth di G, disini p adalah negatif (-).
- Jika $ts - th = 0$ atau $ts = th$, maka G terletak pada jajar tinggi dan H berimpit dengan G, disini garis tinggi ditarik melalui tempat duga, $p = 0$.



Credit: Silvester

Gambar 91: Ilustrasi kesimpulan 3 posisi letak titik tinggi (H) terhadap tempat duga (G).

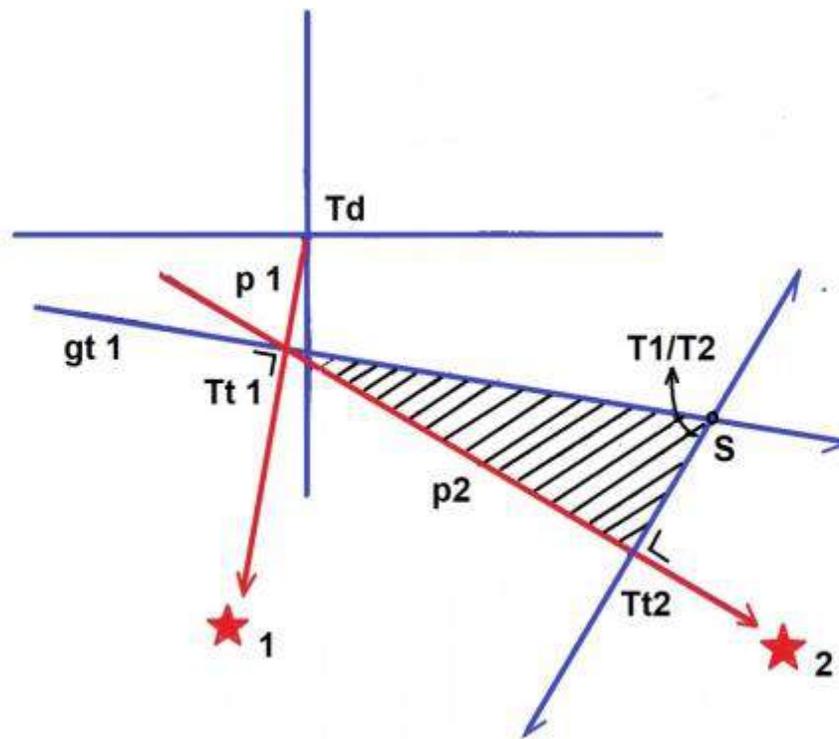
Test Formatif 8.

Jawablah pernyataan dibawah ini dengan membuat tanda silang pada huruf B (jika benar) atau S (jika salah) sesuai dengan pernyataan yang ada.

1. Rumus untuk menghitung titik tinggi adalah Rumus *Douwes* sebagai berikut: $\sin th = \cos (l \pm z) + \cos l \cdot \cos z \cdot \sin p$ ($B - S$).
2. Jika $ts - th > 0$ atau $ts > th$ maka G terletak di luar jajar tinggi dan GH searah dengan azimuth di G, disini p adalah positif (+) ($B - S$).
3. Untuk lengkung jajar tinggi jika kutub terletak di luar jajar tinggi (berbentuk elips), hal ini terjadi jika: $Z + n < 90^0$ atau $z > ts$ ($B - S$).
4. Jika $ts - th < 0$ atau $ts < th$, maka G terletak di dalam jajar tinggi dan GH mengarah berlawanan dengan arah azimuth di G, disini p adalah negatif (-) ($B - S$).
5. Jika $ts - th = 0$ atau $ts = th$, maka G terletak pada jajar tinggi dan H berimpit dengan G, disini garis tinggi ditarik melalui tempat duga, $p = \pm (B - S)$.

BAB IX

MENGHITUNG GARIS TINGGI DAN ARAH GARIS TINGGI UNTUK MENENTUKAN POSISI KAPAL



Credit: Silvester

Menghitung garis tinggi dan arah garis tinggi untuk menentukan posisi kapal

Sebuah garis tinggi merupakan tempat kedudukan kapal (*Line of position = LOP*) sehingga untuk penentuan posisi kapal diperlukan sedikitnya 2 garis tinggi. Pada umumnya pengamatan matahari dilakukan dengan selisih waktu tertentu karena matahari hanya satu, sedangkan untuk bintang dapat dilakukan bersamaan atau hampir bersamaan waktu, sehingga garis-garis tinggi yang didapat diplot di peta dengan cara yang berbeda.

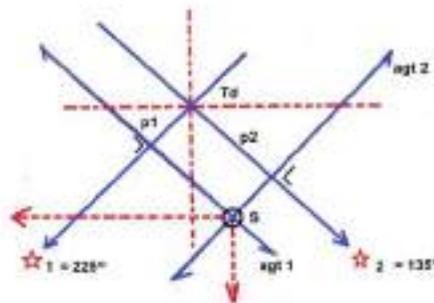
1. Penggunaan garis tinggi

Menurut Martopo (1992), untuk mendapatkan posisi kapal dengan perpotongan dua garis tinggi dapat dilakukan dengan cara: (1) konstruksi dengan perhitungan, (2) dengan cara konstruksi di peta, (3) konstruksi di kertas biasa, dan (4) secara perhitungan.

Apabila garis-garis tingginya diambil pada waktu yang tidak bersamaan, maka garis tinggi yang pertama harus digeser sejajar (*//*) dengan cara yang sama seperti halnya dengan baringan pertama pada “baringan dengan geseran” ataupun “baringan silang dengan geseran” (Soebekti, 1979).

a. Konstruksi di peta.

Dua pengamatan yang dilakukan bersamaan atau hampir bersamaan dapat dihitung dari tempat duga yang sama (perpindahan kapal dapat diabaikan). Sebaiknya konstruksi tersebut dilakukan di dalam peta dengan skala yang cukup besar.



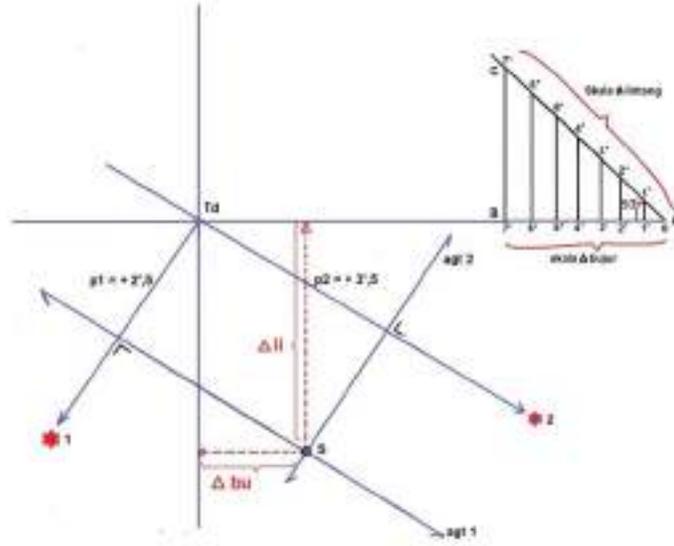
Gambar 92: Ilustrasi posisi kapal secara konstruksi di peta

Keterangan: * 1 Azimuth = 225° , $p = +2'$ *2 Azimuth = 135° $p = +4'$

Posisi kapal diperoleh dengan mengukur selisih lintang dan selisih bujur pada skala peta, dari tempat duga (Td) ke posisi sejati (S).

b. Konstruksi di kertas biasa

Gunakan kertas bergaris tegak sejajar yang dapat dipakai sebagai skala bujur, lukiskan sudut lintang duga kapal pada ujung garis-garis tersebut untuk dipakai sebagai skala lintang (lihat gambar 94). Sisi mendatar berfungsi sebagai skala bujur peta dan sisi tegak/miring berfungsi sebagai skala lintang bertumbuh. Dengan cara ini koordinat posisi sejati dapat diperoleh dengan konstruksi dari tempat duga. Jarak antara dua garis berurutan sama dengan 1 menit bujur.



Credit: Silvester

Gambar 93: Ilustrasi posisi kapal secara konstruksi di kertas biasa

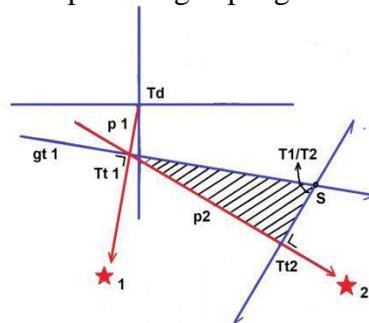
Keterangan: agt = arah garis tinggi; S = posisi kapal

Lukisan segitiga BAC dengan lintang duga (misalnya: 50°), kaki AC memotong garis-garis tegak yang berurutan di titik-titik yang jaraknya 1' x Sec. 50°. Jarak-jarak tersebut dapat dianggap sebagai menit-menit pada sisi tegak dari peta bertumbuh pada lintang 50°. Dengan bantuan skala pengganti tersebut, maka kita dapat menentukan lintang/bujur dari posisi kapal (S). Skema perhitungan posisi sejati sebagai berikut:

$$\begin{array}{l}
 Td \text{ ----- } lt = \dots\dots\dots U/S \quad Bu = \dots\dots\dots T/B \\
 \quad \quad \quad \Delta lt = \dots\dots\dots S \quad \Delta Bu = \dots\dots\dots T \\
 S \text{ ----- } \underline{lt = \dots\dots\dots U/S} \quad Bu = \dots\dots\dots T/B
 \end{array}$$

c. Dengan perhitungan titik potong

Pada pengamatan yang bersamaan, titik hitung yang pertama diperoleh dipakai sebagai tempat duga untuk perhitungan yang kedua. Apabila pengamatan tersebut dilakukan tidak bersamaan, maka titik hitung dari garis tinggi yang pertama harus dilayarkan (digeserkan), kemudian titik dipakai tempat duga untuk perhitungan pengamatan yang kedua.



Credit: Silvester

Gambar 94: Ilustrasi penentuan posisi kapal dengan pengamatan 1 dan 2
 Keterangan: Td = tempat duga; *1 = azimuth *1; p1 = selisih tinggi Tt1 sebagai Td2;
 p2 = selisih tinggi; *2 = azimuth *2; S = posisi kapal; T1/T2 = selisih azimuth

Dari tempat duga (td) dilukis azimuth *1 dan p1 untuk mendapatkan Tt1. Tt1 selanjutnya berfungsi sebagai td2 bagi pengamat *2. Dari Tt1 (td2) dilukis azimuth *2 dan p2 untuk mendapatkan Tt2 dan perpotongan antara agt 1 dan agt 2 adalah S (posisi kapal).

Perhitungan dengan menggunakan daftar I dan II untuk memperoleh Δ ltd dan Δ bu, dimana azimuth berfungsi sebagai haluan dan p (selisih tinggi) sebagai jauh.

Rumus perhitungan sebagai berikut:

$$Tt1 \ S = p2 \cdot \text{Cosec } T1/T2$$

Tt1 S dapat dicari dengan memakai Daftar I, dengan argument sebagai berikut:

$$Tt1 \ S = p2 \times \text{Cosec } T1/T2$$

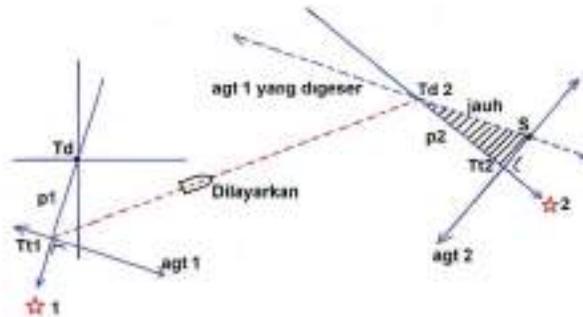
\downarrow \downarrow \downarrow
 Jauh = simpang x Cosec Haluan

Untuk mencari koordinat S dihitung sebagai berikut:

- (1) Dari Td dengan azimuth *1 sebagai haluan dan p1 sebagai jauh, akan diperoleh koordinat Tt1
- (2) Dari Tt1 dengan T1/T2 sebagai haluan dan Tt1 S sebagai jauh, akan diperoleh koordinat S secara perhitungan.

Secara perhitungan dengan 2 pengamatan yang berbeda waktu.

Dalam hal ini perlu dilakukan pergeseran garis tinggi pertama yang diperoleh sejauh pelayaran kapal (beda waktu pengamatan) dihitung dari Tt1 ke arah haluan sejati kapal.



Credit: Silvester

Gambar 95: Ilustrasi penentuan posisi kapal dengan 2 pengamatan yang berbeda waktu
 Keterangan: Td = tempat duga; p1 = selisih tinggi diukurkan pada azimuth 1; Tt1 = titik tinggi pengamat 1; agt 1 = garis tinggi pengamat 1; Td2 = setelah dilayarkan dari Tt1 dengan haluan sejati dan jauh sesuai beda waktu; p2 = selisih tinggi diukurkan pada azimuth 2; Tt2 = titik tinggi pengamat 2; agt2 = garis tinggi pengamat 2; S = posisi kapal.

2. Perhitungan yang digabungkan dengan lintang tengah hari (keadaan istimewa)

Hasil pengamatan penilik I mendapat agt 1, lalu digeserkan/dilayarkan dengan haluan sejati dan jauh sesuai selisih waktu antara pengamat pertama dengan *Mer. Pass*. Garis tinggi 1 dilukis gabung dengan lintang sejati yang diperoleh dari pengamatan lintang tengah hari atau biasa disebut *Mer.Pass (Meridian Passage)* artinya matahari saat itu berada di meridian atas penilik atau mencapai tinggi yang maksimal.

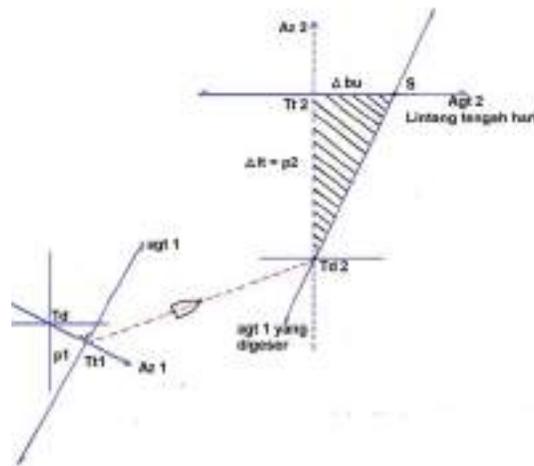
Metode ini sering digunakan dalam pengamatan di kapal-kapal dengan terlebih dahulu diadakan pengamatan matahari beberapa kali oleh para mualim, selanjutnya pada waktu

Mer.Pass pengukuran tinggi dilakukan secara bersama-sama. Agt 1 digeser sesuai haluan sejati dan jauh ke tempat duga waktu *Mer.Pass*. Perpotongan antara agt 1 yang digeser lintang tengah hari adalah posisi kapal.

Apabila pengamatan kedua di derajah, arah garis tingginya bergerak dari Timur ke Barat, maka Δbu antara $Td2$ dan S dihitung dengan rumus:

$$\Delta bu = \Delta li \times C$$

Dimana Δli adalah beda lintang antara $Td2$ dan $Tt2$



Credit: Silvester

Gambar 96: Posisi kapal digabungkan dengan pengamatan di derajah.

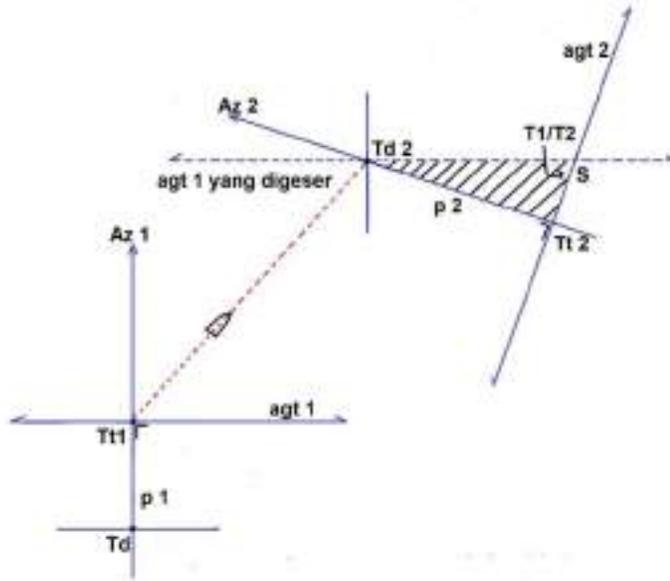
Apabila pengamatan lintang tengah hari didapat lebih dahulu, kemudian baru mengadakan pengamatan lagi, maka yang digeser/dilayarkan adalah garis lintang tengah hari tersebut sesuai dengan haluan sejati dan jauh pelayaran. Pengamatan yang dilakukan setelah tengah hari, misalnya benda angkasa tersebut adalah matahari, maka tingginya akan semakin menurun (saat jaga 12.00 – 16.00).

Dari pengamatan lintang tengah hari diperoleh agt 1 berupa lintang sejati, selanjutnya agt 1 tersebut digeser sepanjang haluan dan jauh, digabungkan dengan agt 2 yang diperoleh dari pengamatan kedua.

Apabila pengamatan pertama di derajah (lintang tengah hari), maka arah garis tingginya bergerak dari Timur ke Barat, dan kita hanya tinggal menghitung Δbu -nya antara $Td2$ dan S dengan rumus:

$$\Delta bu = p2 \operatorname{Cosec} Tt/T2 \operatorname{Sec} lt$$

Dimana $Tt/T2$ = nilai lancip azimuth yang kedua.

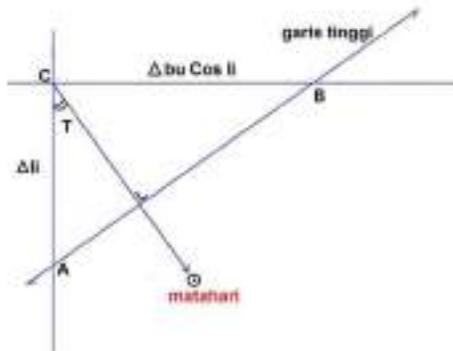


Credit: Silvester

Gambar 97: Posisi kapal digabungkan dengan pengamatan di derajat lintang tengah hari.

3. Arti suku C (= A ± B) dan suku f.

Ambillah 2 titik A dan B pada sebuah garis tinggi, maka tariklah derajat melalui A dan jajar melalui B hingga memotong di titik C.



Credit: Silvester

Gambar 98: Sisi-sisi pada segitiga untuk arti suku C dan f.

Keterangan: $AC = \Delta lt$; $BC = \text{simp} = \Delta bu \cos lt$; Sudut $CAB = 90^\circ - T$.

Penjelasan:

Rumus yang digunakan dalam segitiga ABC

$$\begin{aligned} \Delta bu \cdot \cos lt &= \Delta lt \operatorname{Tg} (90^\circ - T) \\ &= \Delta lt \operatorname{Ctg} T \\ \Delta bu &= \Delta lt \operatorname{Tg} T \cdot \operatorname{Sec} lt \\ \Delta bu &= \Delta lt \times C \\ \text{Untuk } \Delta lt &= 1' \text{ maka } \Delta bu = C' \end{aligned}$$

Kesimpulan: Suku C artinya perbedaan bujur antara 2 titik pada garis tinggi yang sama, yang berbeda 1' dalam lintang.

Dari $\Delta bu = \Delta lt \times C$ berakibat:

$$\Delta Lt = \Delta bu \times \frac{1}{c} \quad (\text{misalnya } \frac{1}{c} = f)$$

$$\Delta Lt = \Delta bu \times f$$

$$\Delta bu = \Delta Lt \times c$$

Untuk $\Delta bu = 1'$ menjadilah $\Delta Lt = f'$

$$\text{Suku } f = \frac{1}{c} = \text{Tg } T \cdot \text{Cos } Lt$$

Berarti perbedaan lintang antara 2 titik pada garis tinggi yang sama yang berbeda 1' dalam bujurnya.

4. Garis tinggi tunggal

Hasil pengamatan dari satu benda angkasa yang memberikan sebuah garis tinggi tunggal, dapat digunakan untuk kepentingan navigasi sebagai berikut:

- a. Memeriksa atas pergeseran kapal ke samping dari garis haluan.



Credit: Silvester

Gambar 99: Ilustrasi memeriksa atas pergeseran kapal ke samping

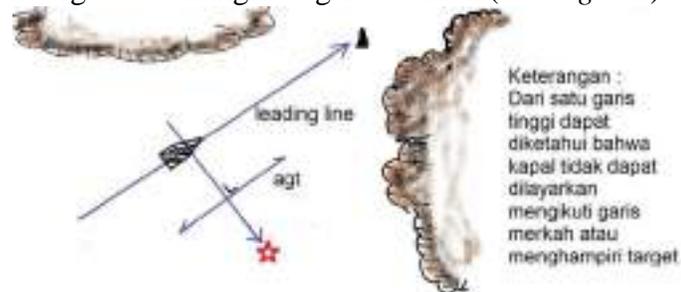
- b. Memeriksa kecepatan kapal.



Credit: Silvester

Gambar 100: Ilustrasi memeriksa kecepatan kapal.

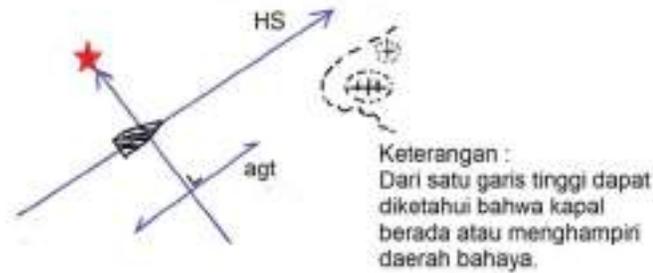
- c. Menghampiri suatu target atau mengikuti garis merkah (*leading line*).



Credit: Silvester

Gambar 101: Ilustrasi menghampiri suatu target atau mengikuti garis merkah.

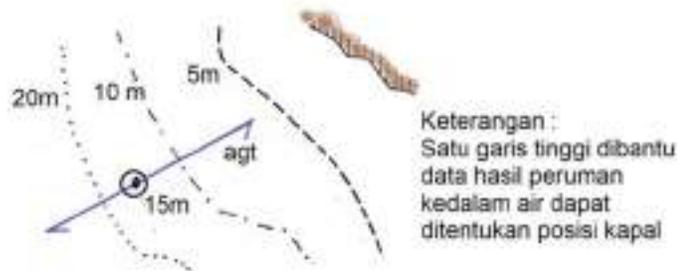
d. Menentukan haluan untuk menghindari bahaya.



Credit: Silvester

Gambar 102: Ilustrasi menentukan haluan untuk menghindari bahaya.

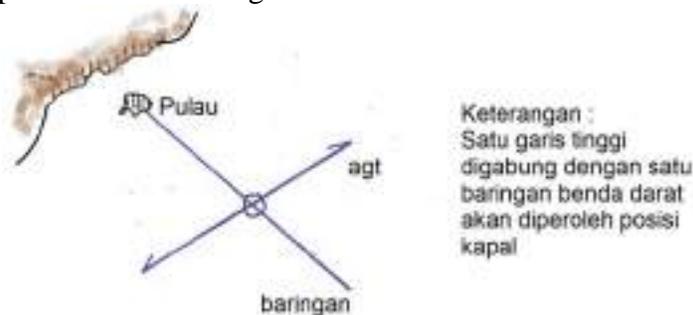
e. Menentukan posisi dengan peruman.



Credit: Silvester

Gambar 103: Ilustrasi menentukan posisi dengan peruman.

f. Menentukan posisi dibantu baringan darat.



Credit: Silvester

Gambar 104: Ilustrasi menentukan posisi dibantu baringan darat.

5. Perhitungan dan konstruksi dari titik tinggi dan arah garis tinggi.

Melakukan dan menentukan letak dari titik tinggi, perlu dilakukan dengan dua pendekatan yaitu:

- Jarak dari tempat duga ke titik tinggi adalah bagian dari sebuah *loxodrome* padahal harusnya sebuah lingkaran besar.
- Menarik sebuah garis tinggi dalam peta tegak lurus pada arah azimuth di tempat duga.

Untuk menghitung tinggi sebuah benda angkasa maka langkah yang perlu dilakukan sebagai berikut:

- Perbaikan tinggi.
- Penentuan GMT.
- Mencari GHA, zawal, LHA dalam almanak nautika.
- Perhitungan azimuth dengan menggunakan Daftar Pelayaran.

6. Skema perhitungan titik tinggi

Dari rumus untuk $\sin th$, dengan mudah disalurkan, sehingga titik tinggi (p) itu harus dihitung.

Skema untuk penilikan:

Wkt dlm ddk	=	(Tgl.....)	*tu	=
BT/BB dlm wkt	=	..... ±	KI	= Daftar VI
GMT duga	=	(tgl.....)	Kor. ti	= ±
ppw	=		∴ *ts	=
Ddk tgl.....	=	..... ±	th	= -
GMT dekat	=	(tgl.....)	∴ p	= ±.....
Lalu :.....	=	..... ±	A	= Dft XI A
∴ GMT	=	(tgl.....)	B	= Dft XI B +/-
γ GHA (... ^{jam})	=		C	= Dft XII
Incr (... ^m ... ^s)	=		*T	= U/S.....T/B
*SHA	=		a.g.t	= U/S.....T/B
EL	= ±		
*LHA	=		G	= ...U/S....T/B
*P	=	.....T/B	H...j Δl	= ...U/S Δbu..T/B
Log Sinv P	=		Daft I/II	= ±
Log Cos l	=		∴ H	= ...U/S.....T/B
Log Cos z	=	Daft VIII/IX +		
Log Term II	=	Daft X		
∴ Term II	=		Untuk penilikan \odot : perhitungan P dan ts adalah berlainan sedikit, untuk sisanya semua sama	
L	=			
Z	=			
$l \pm z$	=			
Cos ($l \pm z$)	=			
Term II	=	.....+ Daft VIII		
Sin th	=			
∴ th	=			

Contoh:

Pada posisi $32^{\circ}18',5$ S- $44^{\circ}42',5$ T di tempat duga, pada tanggal 16 Juni 2018, waktu di kapal 10.30 waktu setempat, diukur tinggi matahari tepi bawah \odot $30^{\circ}26'$; Koreksi indeks = + 1'; ppw = 5-21-18; duduk = 2-09-14. Tinggi mata 16 meter.

Hitunglah tempat duga, haluan dan jauh.

Pelaksanaan:

Waktu duga kapal = 10-30 (16 Juni 2018)

BT dlm wkt = 2-59 -

GMT duga = 7-31 (16 Juni 2018)

Ppw = 5-21-18

Ddk = +2-09-14

GMT = 7-30-32 (16 Juni 2018)

GHA \odot = 284°52',4

Incr = 7°38',0 ----- zawal = 23° 20',1 U

GHA \odot = 229°30',4

BT = 44°42',5 +

LHA \odot = 337°12',9

\odot P = 22°47',1 T

Log Cos li = 9.92695

Log cos z = 9.96294

Log Sinv P = 8,89228+

Log Term II = 28.78217

= 0,78217-2

tu \odot = 30°10'

daft V = + 7',4

kor tgl = - 0',2 +

ts \odot = 30°17',2

th \odot = 30°15',0

p = + 2',2

li = 32°18',5 S

Z = 23° 20',1 U

(Li + z) = 55°38',6

A = 1,49

B = 1,12 +

C = 2,61 (tumpul)

Cos (li + z) = 0,56434

Term II = 0,06056 -

Sin Th = 0,50378

Th = 30°15,0

T = S 156° T

= U 24° T

Setelah kita dapat T dan p, maka kita dapat mencari titik tinggi dengan menarik dari tempat duga dengan T (azimuth) sebagai haluan dan p sebagai jauh.

Tempat duga = 32°18',5 S - 44°42',5 T

Δ li = 2',0 - 1',8 haluan = 24°

Titik tinggi = 32°16',5 S - 44°43',7 T Jauh = 2,2 mil

Dengan demikian maka titik tinggi telah didapat dengan perhitungan haluan dan jauh.

Selanjutnya dilukis di kertas grafik.

Catatan:

Untuk menyelesaikan soal-soal diatas gunakan Almanak Nautika tahun 2018, yang dapat di-google dari website: <https://www.thenauticalalmanac.com>

Peserta didik dapat juga menggunakan almanac nautika tahun 2019, 2020 dan tahun selanjutnya untuk menambah pengetahuan.

Penugasan

- 1) Untuk mendapatkan posisi kapal dengan perpotongan dua garis tinggi dapat dilakukan dengan beberapa cara. Jelaskan cara-cara tersebut!

- 2) Hasil pengamatan dari satu benda angkasa yang memberikan sebuah garis tinggi tunggal dapat dilakukan dengan beberapa cara, jelaskan dengan gambar cara-cara yang dimaksud!
- 3) Ada dua pendekatan untuk menentukan letak dari titik tinggi, jelaskan dua pendekatan tersebut!
- 4) Untuk menghitung tinggi sebuah benda angkasa, diperlukan tiga unsur, sebutkan ketiga unsur tersebut!
- 5) Pada posisi $34^{\circ}18',5$ S- $45^{\circ}42',5$ T di tempat duga, pada tanggal 17 Juni 2018, waktu di kapal 10.30 waktu setempat, diukur tinggi matahari tepi bawah $\odot 31^{\circ} 25'$; Koreksi indeks = $- 1'$; ppw = 5-21-18; duduk = 2-09-14. Tinggi mata 17 meter. Hitunglah tempat duga, haluan dan jauh.

Test Formatif 9.

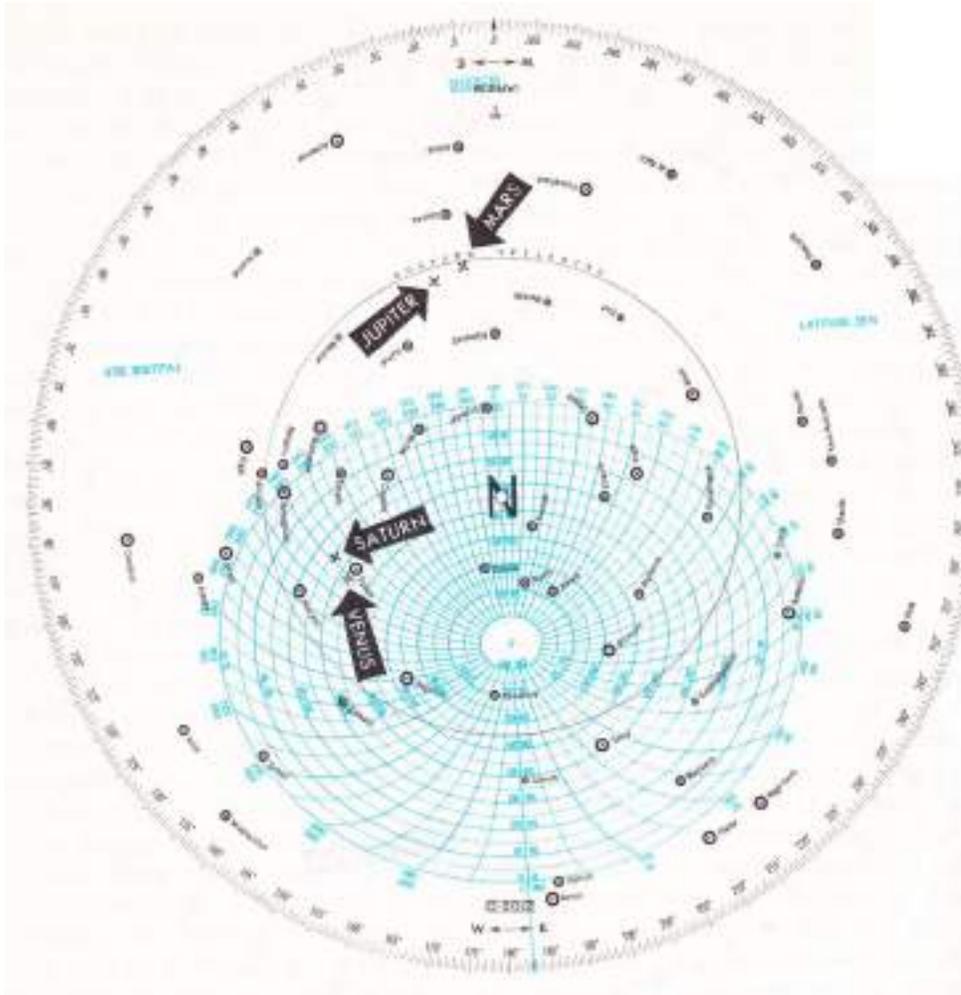
Setelah anda membaca kegiatan belajar 9, bacalah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini, kemudian berikan jawaban sesuai dengan pemahaman yang benar :

Jawablah pernyataan dibawah ini dengan membuat tanda silang pada huruf B (jika benar) atau S (jika salah) sesuai dengan pernyataan yang ada.

1. Untuk mendapatkan posisi kapal dengan perpotongan dua garis tinggi, salah satu cara dapat dilakukan dengan konstruksi dengan perhitungan (B – S).
2. Tempat kedudukan kapal (*Line of position = LOP*) untuk penentuan posisi kapal diperlukan sedikitnya satu garis tinggi (B – S).
3. Dalam pembuatan skala pada konstruksi di peta, sisi mendatar berfungsi sebagai skala bujur peta dan sisi tegak/miring berfungsi sebagai skala lintang bertumbuh. (B – S).
4. Rumus untuk mencari Δ (delta) lintang adalah: $\Delta bu = \Delta li \times C$ (B – S).
5. Untuk menghitung tinggi sebuah benda angkasa maka salah satu langkah yang perlu dilakukan adalah mencari GHA, zawal dan LHA (B – S).
6. Nilai GHA benda angkasa dalam almanak nautika diperoleh dari jam GMT pada tanggal pengamatan benda angkasa tersebut (B – S).
7. GHA benda angkasa dihitung dari LHA benda angkasa ditambah atau dikurangi dengan bujur dalam waktu (B – S).
8. Nilai log Term II dicari dalam daftar X Daftar Ilmu pelayaran (B – S).
9. Nilai suku A dicari dalam Daftar XI B Daftar ilmu Pelayaran (B - S).
10. Nilai suku B dicari dalam Daftar XII Daftar ilmu Pelayaran (B - S).
11. Nilai suku C dicari dalam Daftar XI B Daftar ilmu Pelayaran (B - S).
12. Tinggi hitung (th) dicari dalam Daftar VIII Daftar Ilmu Pelayaran (B – S).
13. Log cos. Lintang /zawal dicari dalam Daftar VIII Daftar Ilmu Pelayaran (B – S).
14. Nilai p diperoleh dari tinggi sejati ditambah dengan tinggi hitung (B – S).
15. Nilai zawal dibaca pada kolom dec. Almanak Nautika (B – S).

BAB X

MENENTUKAN POSISI KAPAL DENGAN TINGGI 2 BENDA ANGKASA



Credit: Bowditch, 1977

Menentukan posisi kapal dengan tinggi 2 benda angkasa

1. Penjelasan

Untuk menentukan posisi (tempat kedudukan kapal) diperlukan paling sedikit dua buah pengukuran tinggi benda angkasa, dimana dari pengukuran tinggi benda angkasa ini akan berada bersama di dua buah garis tinggi. Titik potong dari dua garis tinggi ini merupakan kedudukan kapal. Matahari tidak dapat diukur dua buah ketinggian dari matahari secara berturut-turut dalam tempo yang singkat karena untuk mendapatkan perpotongan dari garis tinggi ini diperlukan perubahan dari *azimuth*-nya. Untuk mendapatkan ini diperlukan perbedaan waktu yang cukup lama. Pengukuran tinggi bintang dapat dilakukan dengan pengukuran sekaligus dari dua buah bintang atau lebih.

Bila dilakukan pengukuran tinggi secara berturut-turut atas dua bintang atau lebih, maka waktu dilayarkan kapal antara pengukuran pertama dan kedua tidak akan mempengaruhi tempat kedudukan. Untuk mendapatkan perpotongan garis tinggi yang baik dan untuk menghindari kesalahan dari perpotongan garis tinggi, maka sebaiknya diukur benda-benda angkasa yang perbedaan *azimuth*-nya mendekati 90° . Dalam praktik pengukuran tinggi benda angkasa yang *azimuth*-nya mendekati 90° agak sulit karena kebanyakan kondisi cuaca berawan.

Upaya yang dilakukan dengan cara:

- a. Pengukuran tinggi benda angkasa dengan waktu antara yang cepat.
- b. Perbedaan *azimuth*-nya mendekati 90° .

Dengan cara ini maka tempat kedudukan dari kapal lebih sempurna. Penentuan tempat kedudukan kapal dari pengukuran tinggi dua benda angkasa, dilakukan hampir bersamaan oleh beberapa perwira kapal. Waktu yang terbaik untuk pengukuran posisi bintang-bintang adalah pada permulaan atau akhir dari *nautical* dan *civil twilight*, tepatnya di *civil twilight*. Matahari pada saat itu berada di 6° sampai 12° di bawah cakrawala, sehingga dengan demikian tepi langit terlihat cukup jelas, sedangkan untuk pengukuran tinggi benda angkasa bintang-bintang masih cukup terang terlihat. Keadaan cuaca pada saat tersebut juga sangat menentukan.

Untuk melukis tempat kedudukan dari dua buah pengukuran tinggi benda angkasa tersebut, dibutuhkan kertas bergaris atau kertas skala. Cara melukis yaitu dengan menarik *azimuth* dari tempat duga dengan p1 dan p2 pada arah bersamaan atau berlawanan dengan *azimuth*. Dari dua buah titik tinggi yang didapat kita tarik garis tinggi yang saling tegak lurus. Perpotongan garis-garis tinggi inilah yang menjadi posisi kapal.

2. Menentukan nama bintang yang belum dikenal

Untuk menentukan nama-nama bintang yang belum dikenal dapat dilakukan dengan dua cara yaitu: dengan *Star finder & identifier*, dan dengan perhitungan.

a. Dengan *Star finder dan identifier*

Salah satu cara untuk menentukan nama bintang ialah dengan melihat rasi bintang. Kalau dengan pengenalan rasi bintang agak sulit, maka nama bintang tadi dapat pula dicari dengan *star finder & identifier*. Sebelum melakukan pengamatan benda angkasa, seorang navigator akan mengidentifikasi lebih dahulu benda-benda angkasa dengan mencari data tentang nilai *azimuth* dan tingginya. Beberapa cara yang lazim digunakan adalah menggunakan *Star Finder and Identifier* atau menggunakan table HO 229 dan HO 249 *Sight Reduction table*. Berdasarkan waktu duga dan tempat duga, dihitung nilai LHA γ , kemudian dengan mencocokkan LHA γ dan menggunakan keping lingkaran untuk lintang yang terdekat dengan lintang duga, maka dengan unsur tinggi dan *azimuth*, nama bintang tadi dapat diperoleh dengan mudah. Keping lingkaran

dapat dibalik untuk nilai lintang utara atau selatan, dipasang dan diputar pada peta bintang/planet sesuai petunjuk LHA γ . Dari alat ini dapat dibaca nilai *azimuth* dan tinggi dari benda angkasa yang akan diamati, sehingga lebih mudah dalam mengatur letak *alhidade sextant* dengan cukup memutar nonius sehingga akan didapat tinggi yang benar.

Apabila kita kebetulan berada di atas kapal yang sedang berlayar dengan langit yang sedikit berawan, sehingga hanya beberapa beberapa bintang saja yang tampak dan tidak mengenal gugusnya, maka cara yang paling cepat dan sederhana kita dapat menggunakan *star finder & identifier* untuk dapat mengenal bintang tertentu agar dapat diukur tingginya untuk mendapatkan garis tinggi yang akan dipakai guna menentukan posisi kapal. Alat ini terdiri dari satu keping lingkaran yang pada permukaan satu merupakan peta bintang di belahan bumi utara dan permukaan lainnya merupakan peta bintang untuk belahan bumi selatan. Selain itu dilengkapi dengan 7 keping lingkaran yang sama ukurannya yang transparan, dimana tiap keping mempunyai gambar garis-garis lingkaran tegak dan lingkaran tinggi yang sama, yang berlaku untuk lintang 5° , 15° , dan seterusnya sampai dengan 65° Utara maupun Selatan. Pada pinggiran peta bintang terdapat pembagian derajat dari 000° sampai 360° (lihat gambar 106). Pada garis jaring-jaring (net) merupakan garis kutub titik puncak yang ditarik terus sampai ke tepinya dan di sini diberi panah.

Untuk mencari nama bintang tertentu maka kita gunakan peta bintang dari lintang duganya, N sebagai titik pusatnya, apabila lintangnya utara, maka kita letakkan jaring-jaring dari lintangnya yang letaknya paling dekat dengan lintang duga. Panahnya tadi kita letakkan pada LHA Aries (lihat gambar 107). Sekarang kita cari lingkaran tegak yang menunjukkan *azimuth*-nya dan lingkaran tinggi dengan tingginya yang benar. Perpotongan dari kedua garis ini menunjukkan bintang yang sedang kita cari beserta namanya.

Selain diukur tinggi bintangnya, kita juga perlu membaring untuk mendapatkan *azimuth*-nya. Baringan sejati (*true bearing*) benda angkasa dicari dari data *azimuth* melalui pembacaan arah kompas. Bintang-bintang dengan *azimuth*-nya timur akan semakin naik, sebaliknya pada *azimuth* barat akan semakin turun. Hal ini perlu diketahui navigator agar mudah mengikuti ke mana arah perubahan tinggi bintang. Seperti lazimnya juga kita harus melakukan pembacaan pada *chronometer* untuk mengetahui waktu GMT-nya, dan dengan demikian kita cari GHA Aries dalam almanak nautika. Dengan memperhitungkan bujur duganya kita peroleh LHA Aries. Selanjutnya penentuan nama bintang yang belum kita kenal dapat dilakukan.

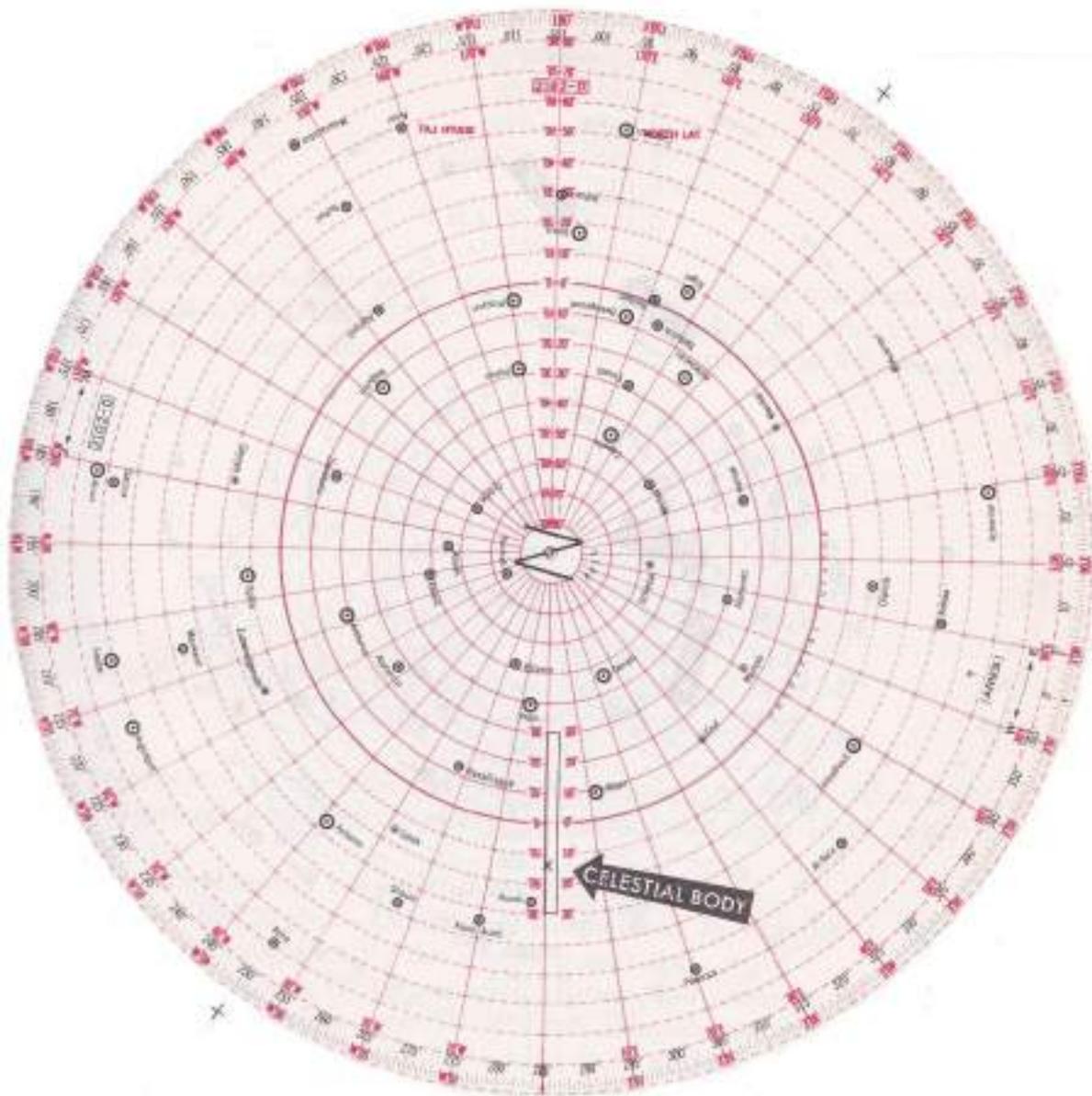


Photo credit: Bowditch

Gambar 105: Cara *plotting* salah satu benda angkasa (bintang).

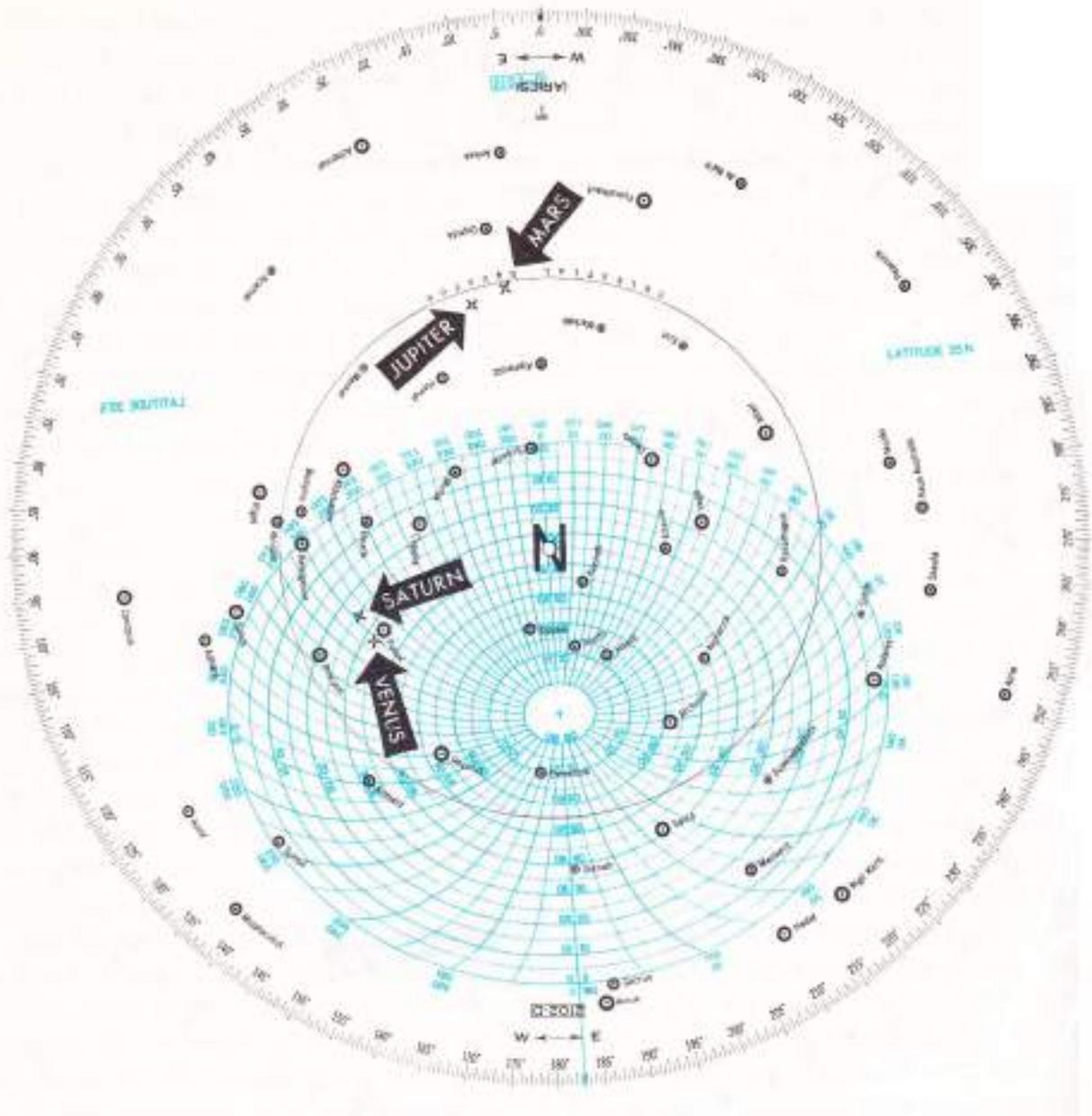


Photo credit: Bowditch

Gambar 106: Pembacaan nilai *azimuth* dan tinggi dari beberapa benda angkasa yang akan diamati dengan argumentasi LHA $\gamma = 183^\circ$. Keping lingkaran transparan yang dipakai pada lintang 35° U, peta bintang belahan bumi utara.

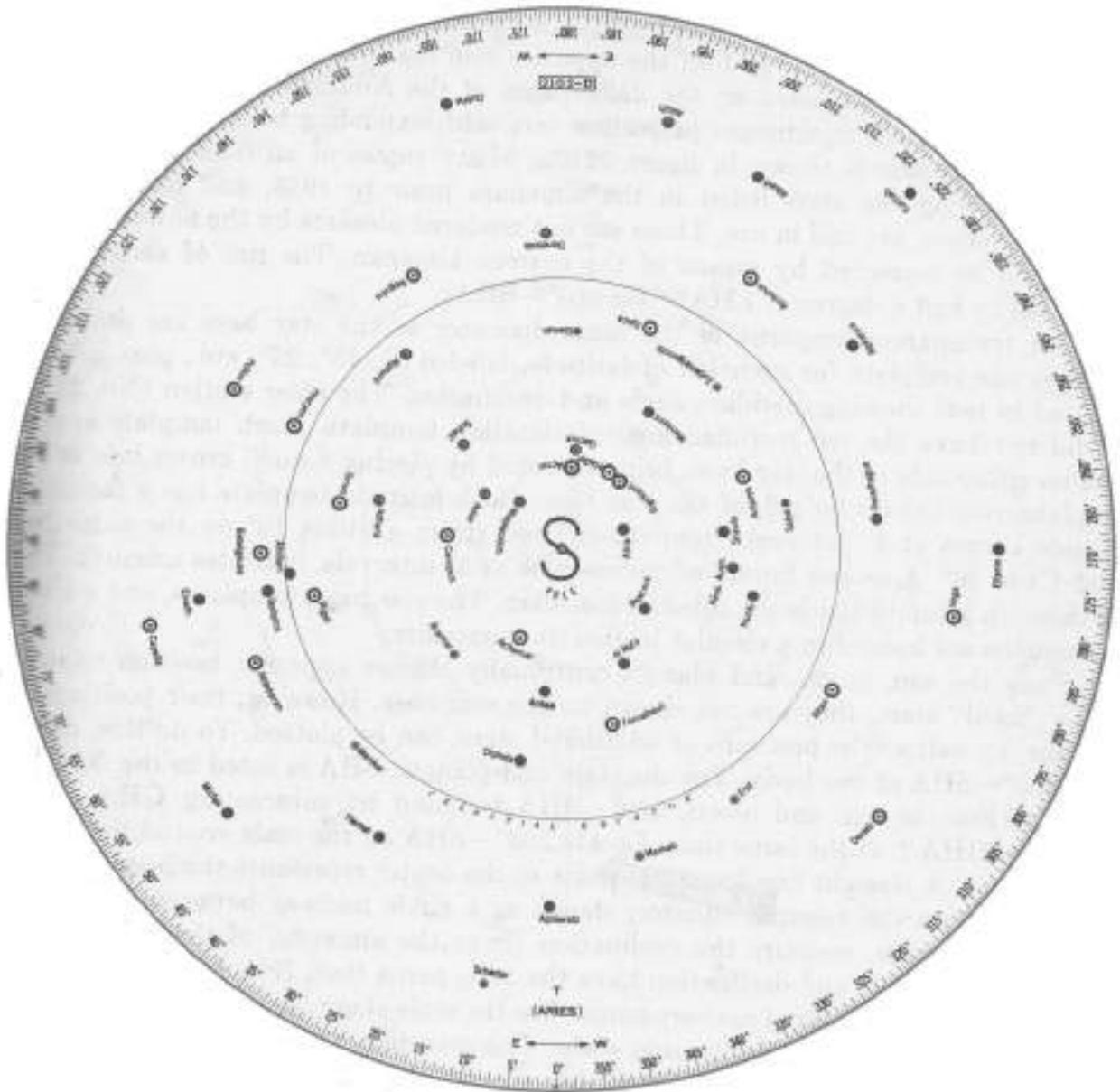


Photo credit: Bowditch

Gambar 107: Peta bintang belahan bumi selatan

IDENTIFICATION OF CELESTIAL BODIES

240° - 200° LHA ARIES
180° - 300° AZIMUTH

Star Chart No. 8

LHA ARIES 60° - 80°
AZIMUTH 0° - 180°

EXPLANATION

STAR SYMBOLS and NAMES	POSITIONS OF STARS for the values of LHA Aries	OTHER SYMBOLS
Magnitude: I II III IV V ☆ ☆ ☆ SELECTED STARS ○ ○ ○ OTHER REGULAR NAME STARS ● ● ● Other Celestial Body Stars	240° 250° 260° 60° 70° 80° ————★————★..... ————★————★.....	————★———— Constellations in constellation ————★———— Alignments

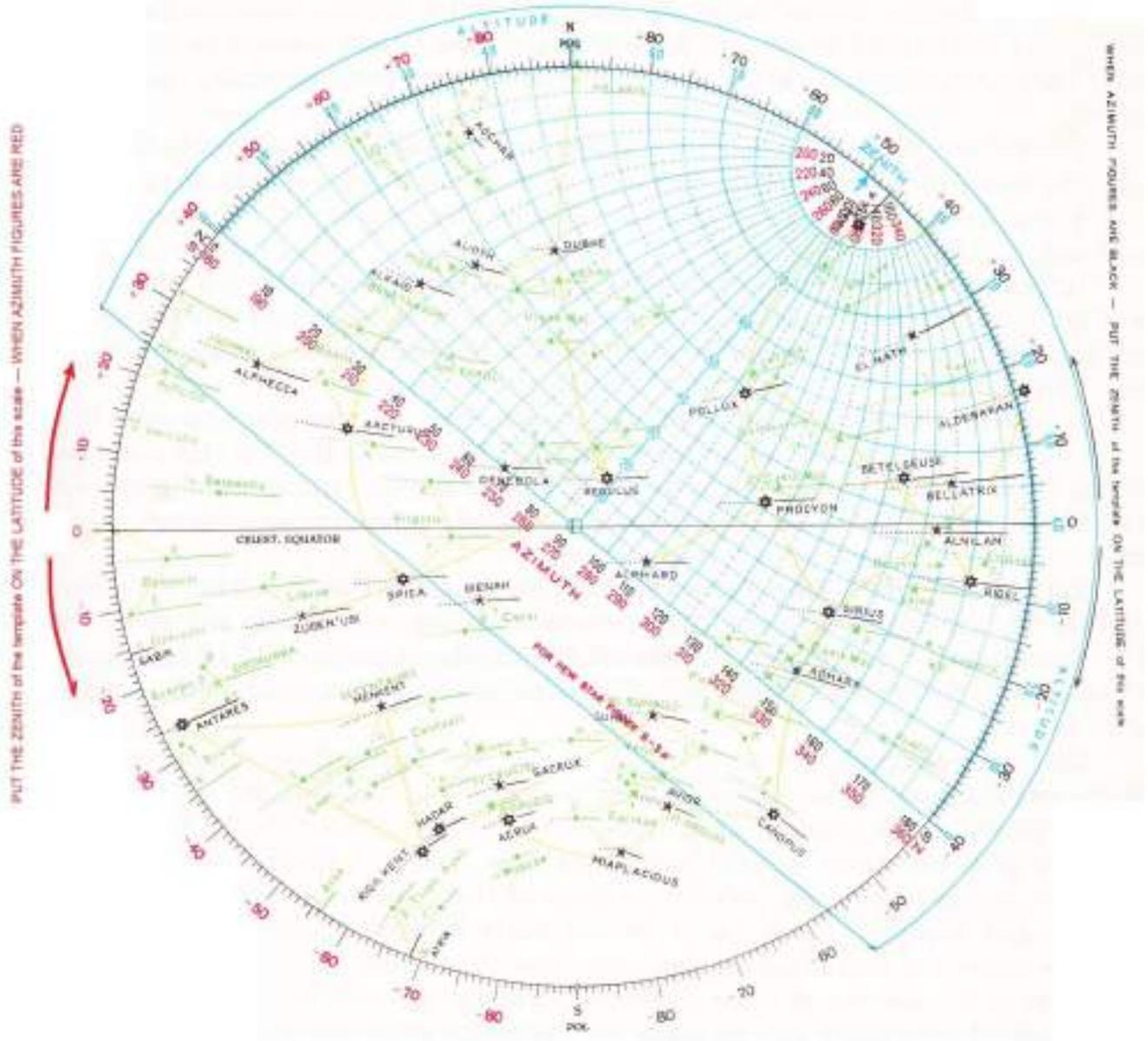


Photo credit: Bowditch

Gambar 108: Star finder and Identifier model Kotlaric

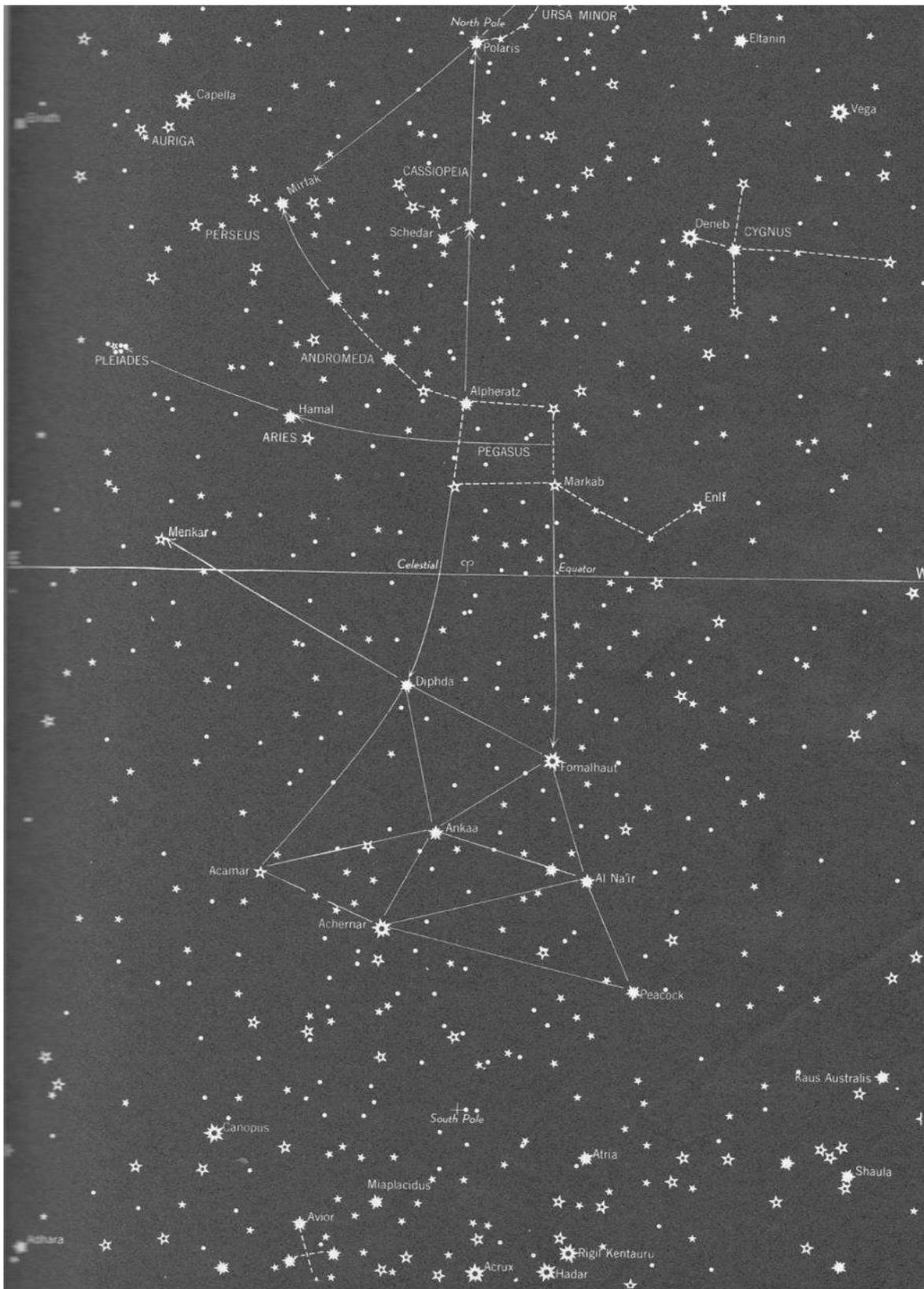


Photo credit: Bowditch

Gambar 109: Bintang-bintang terlihat sekitar gugus Pegasus

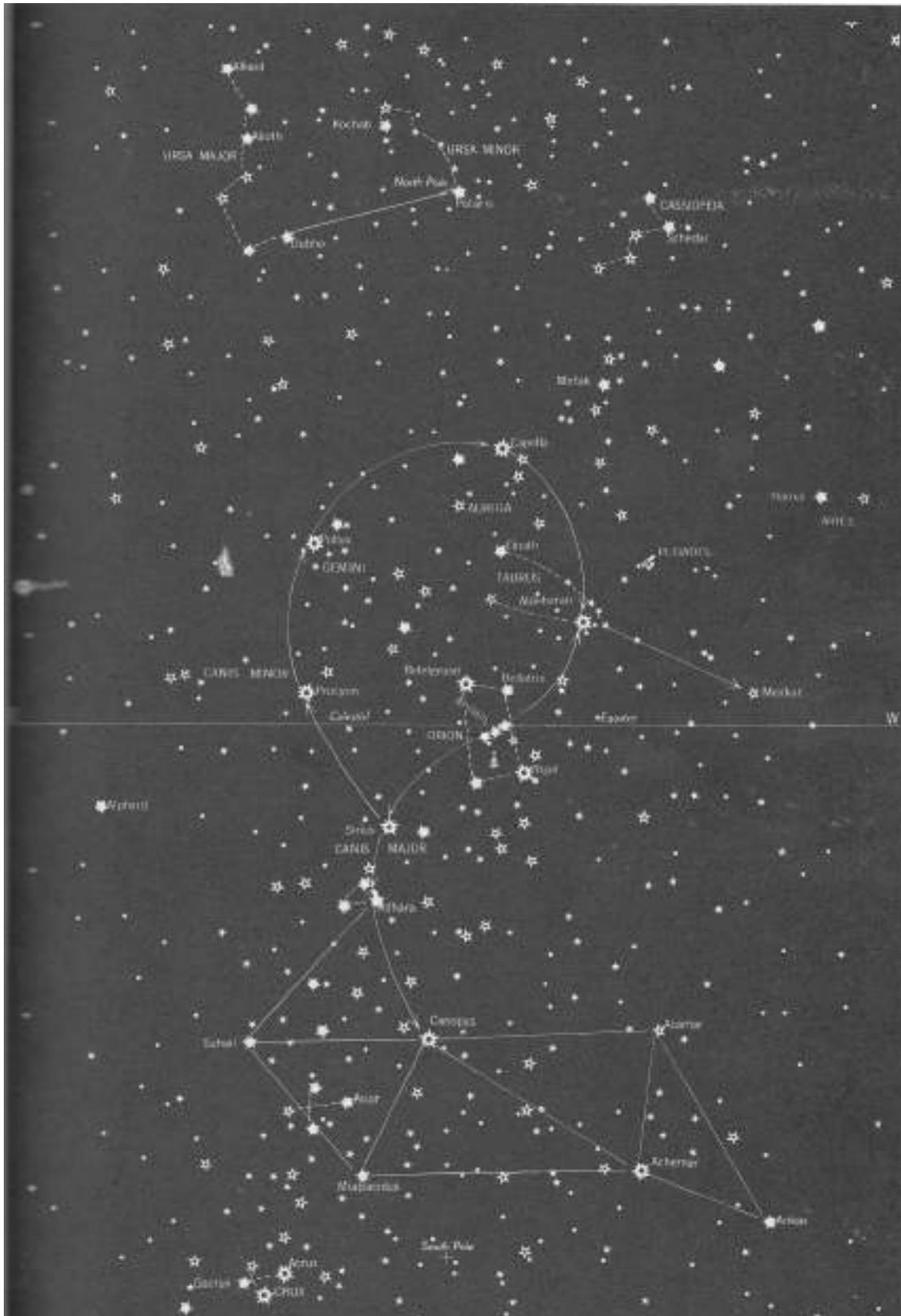


Photo credit: Bowditch

Gambar 110: Bintang-bintang terlihat sekitar gugus Orion

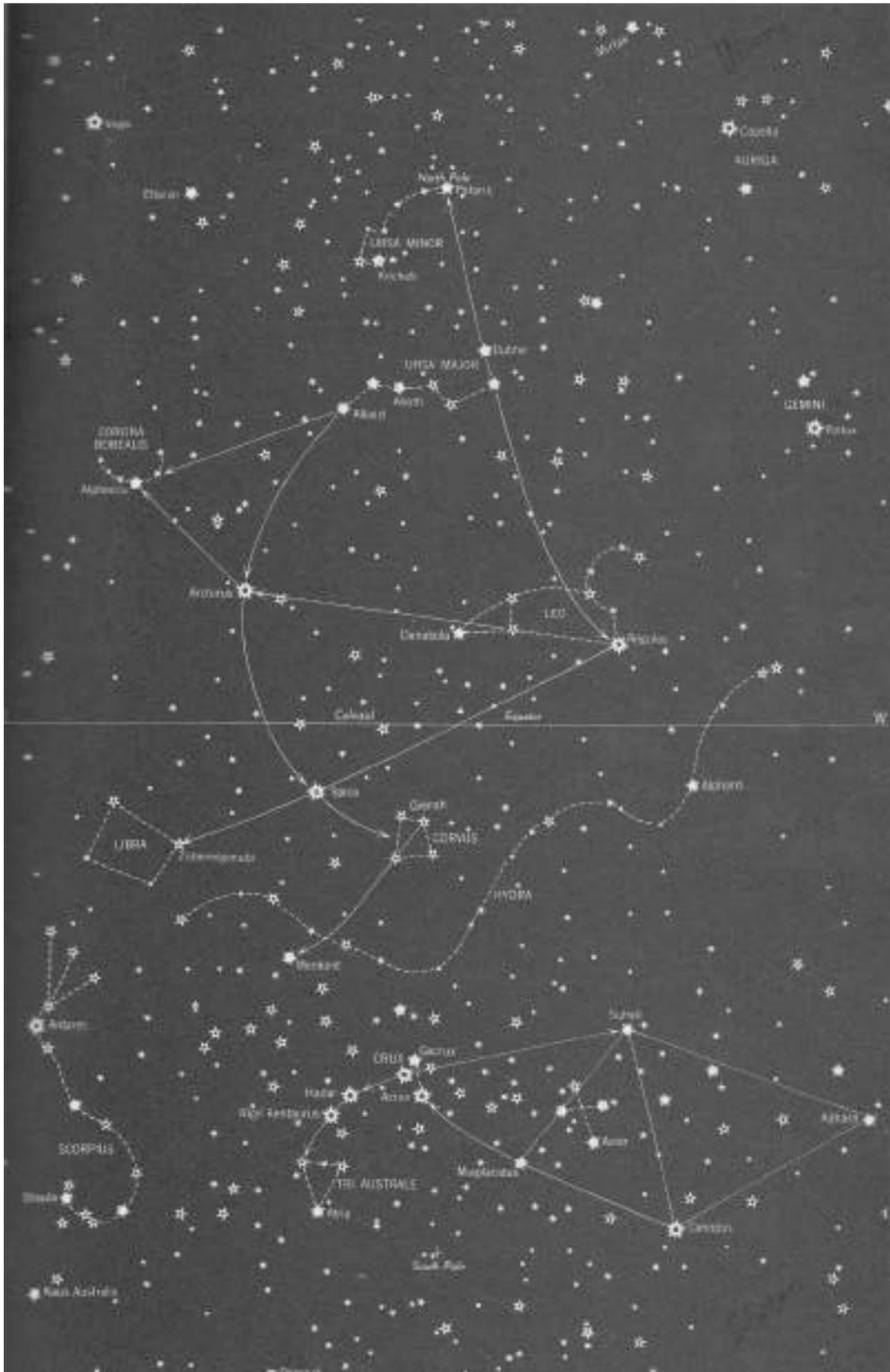


Photo credit: Bowditch

Gambar 111: Bintang-bintang terlihat sekitar gugus Ursa Major

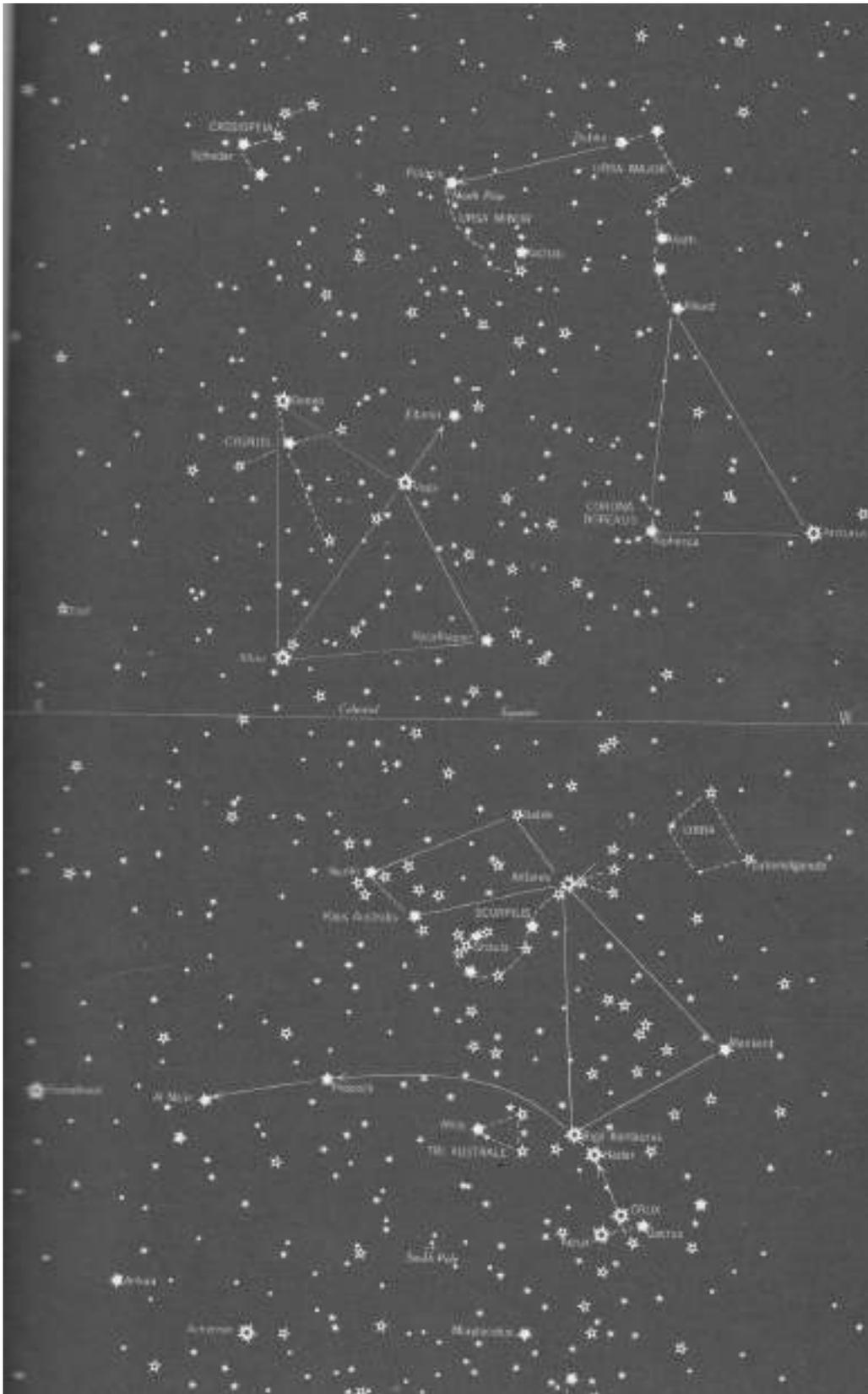


Photo credit: Bowditch

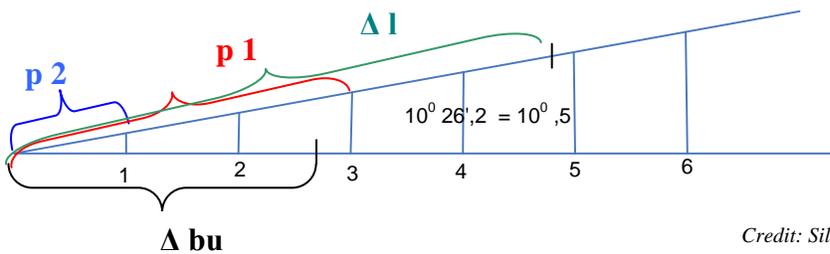
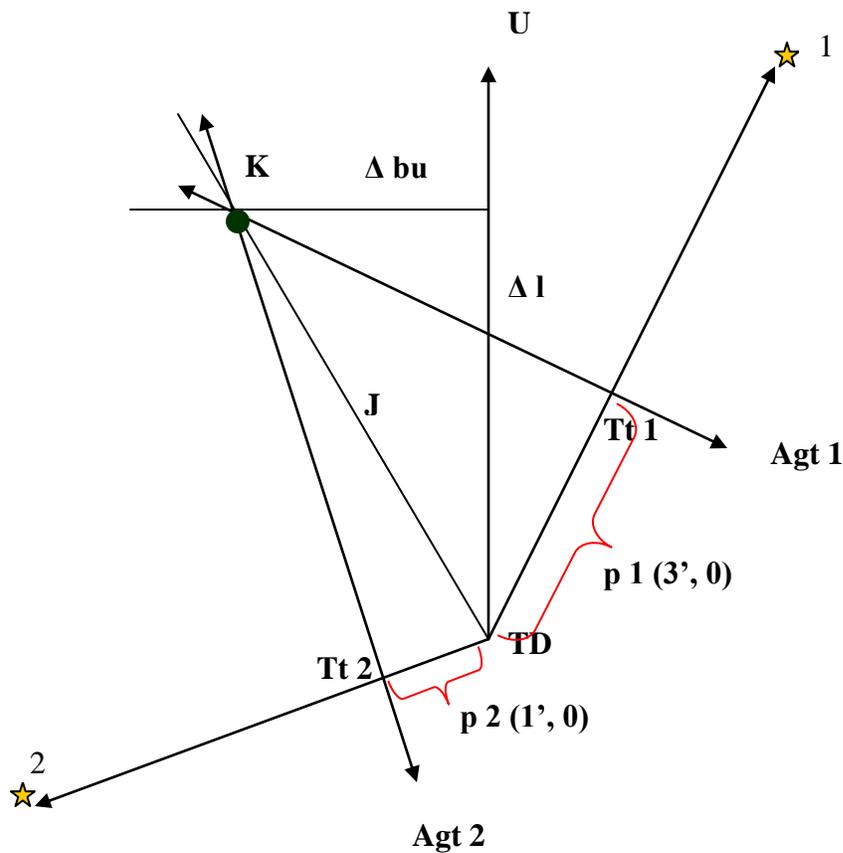
Gambar 112: Bintang-bintang terlihat sekitar gugus Cygnus

b. Dengan perhitungan

Menentukan tempat kedudukan kapal dengan tinggi 2 benda angkasa (bintang), dapat dilakukan dengan perhitungan seperti contoh kasus sebagai berikut:

Contoh kasus : Pada tanggal 9 Agustus 2018 waktu duga di kapal menunjukkan pkl 05:30:00, KM Tuna II berada pada posisi duga : $10^{\circ}26,2'S - 102^{\circ}30,5'T$, diukur bintang MENKAR dengan tinggi ukur (*tu) : $73^{\circ}37,5'$, pada ppw menunjukkan : 10-19-05, kemudian pada ppw 10-21-12 diukur bintang DIPHDA dengan tinggi ukur * (tu) : $62^{\circ}36,6'$. Diketahui duduk pada saat itu menunjukkan (+) 0-12-15. Salah indeks (SI) (-) $1,5'$, tinggi mata si penilik 8 meter. Pertanyaan : a) Tentukan posisi kapal pada saat penilikan, b) Salah duga. Perhitungannya dibuat dalam skema sebagai berikut:

	* MENKAR		* DIPHDA	
Wkt kapal	05 -30	9/8	05 - 30	9/8
Bujur dlm wkt	06 - 50 - 02	-	06 - 50 - 02	-
GMT duga	22 - 39 - 58	8/8	22 - 39 - 58	8/8
ppw	10 - 19 - 05		10 - 21 - 12	
Ddk	(+)0 - 12 - 15	+	(+) 0 - 12 - 15	+
GMT	22 - 31 - 20		22 - 33 - 27	
GHA γ	$287^{\circ} 06',7$		$287^{\circ} 06',7$	
Incr.	$7^{\circ} 51',3$		$8^{\circ} 23',1$	
Bjr Timur	$102^{\circ} 30',5$		$102^{\circ} 30',5$	
SHA *	$314^{\circ} 36',4$	+	$349^{\circ} 16',1$	+
LHA *	$712^{\circ} 04',9$		$747^{\circ} 16',4$	
P	$7^{\circ} 55',6$ (T)		$27^{\circ} 16',4$ (B)	
l	$10^{\circ} 26',2$ S		$10^{\circ} 26',2$ S	
z	$4^{\circ} 02',4$ U	+	$18^{\circ} 49',4$ S	
(l \pm z)	$14^{\circ} 28',6$		$7^{\circ} 37',2$	
log cos l	9,99275		9,99275	
log cos z	9,99892		9,97807	
log sin V. P	7,98021	+	9,04599	+
log. term II	7,97188		9,01681	
cos (l \pm z)	0,96825		0,99117	
Term II	0,00937	-	0,10395	-
Sin th	0,95888		0,88722	
th	$73^{\circ} 30', 7$		$62^{\circ} 31',6$	
tu *	$73^{\circ} 37', 5$		$62^{\circ} 36',6$	
KI	(+) $1',5$		(+) $1',5$	
ktm	(-) $5',3$	+	(-) $5',5$	+
ts *	$73^{\circ} 33', 7$		$62^{\circ} 32',6$	
th *	$73^{\circ} 30', 7$		$62^{\circ} 31',6$	
p	(+) $3',0$		(+) $1',0$	
A	1,32		0,36	
B	0,51		0,71	
C	1,83 (T tumpul)		0,35 (T lancip)	
T	S 152° T		S 71° B	
Atau azimut	28°		251°	



Credit: Silvester

Gambar 113: Posisi kapal secara konstruksi melalui pengukuran 2 bintang

a) TD : $10^{\circ} 26',2$ S – $102^{\circ} 30',5$ T
 Δl : 4;8 U Δbu : 2',8 B

K : $10^{\circ} 21',4$ S – $102^{\circ} 27',7$ T

b. Salah duga $H = 330^{\circ}$, jauh $5',1$ (secara konstruksi)

Catatan:

Untuk menyelesaikan soal-soal diatas gunakan Almanak Nautika tahun 2018, yang dapat di-google dari website: <https://www.thenauticalalmanac.com>

Peserta didik dapat juga menggunakan almanac nautika tahun 2019, 2020 dan tahun selanjutnya untuk menambah pengetahuan.

Penugasan:

- 6) Apakah yang harus diketahui untuk menentukan posisi secara astronomis?
- 7) Tentukan waktu untuk pengukuran tinggi bintang yang paling tepat!
- 8) Apakah yang harus diperhatikan mengenai perbedaan *azimuth* dari dua pengukuran tinggi benda angkasa?
- 9) Tentukan posisi kapal dengan konstruksi sendiri bila diketahui:

Tempat duga	P1	T1	P2	T2
27°49'U - 12°21'B	+2',8	U160°T	+1',5	U49°T
21°9'S - 109°12'T	-3'	S14°B	+2'	S110°B
0°48'S - 30°42'B	-3'	S29°T	-1',1	S121°T

- 10) Pada tanggal 11 April 2018, pada waktu jaga malam hari dan tempat duga 2°02'U - 44°29'B, telah diukur tinggi bintang *Alphecca* 40°30' pada ppw = 00-58-00 dan tinggi dari bintang *Regulus* 51°58' pada ppw = 00-59-47. Duduk = + 01-15-49. Koreksi indeks -1'; tinggi mata 11 meter. Tentukan tempat kedudukan kapal dan salah duga dengan konstruksi.
- 11) Pada tanggal 12 Desember 2018, pada pl. 5.50 waktu mintakad di tempat duga 24°10'U - 35°20'T, telah diukur tinggi bintang *Procyon* 33°14' pada ppw = 04-39-36 dan tinggi dari bintang *Gienah* 46°24',5 pada ppw = 04-38-13. Duduk = - 00-57-42. Koreksi indeks -0,5'; tinggi mata 12 meter. Tentukan tempat kedudukan kapal dan salah duga dengan konstruksi.
- 12) Pada tanggal 24 Desember 2018, pada waktu jaga malam dan tempat duga 9°42'U - 58°39'T, telah diukur tinggi bintang *Aldebaran* 63°48',5' pada ppw = 05-07-50 dan tinggi bintang *Achernar* 21°25' pada ppw = 05-08-34. Duduk = -00-22-32. Koreksi indeks -1'; tinggi mata 16 meter. Tentukan tempat kedudukan kapal dan salah duga dengan konstruksi.
- 13) Pada tanggal 2 Juli 2018, pada waktu jaga larut malam telah diukur tinggi bintang *Capella* 45°35' pada ppw = 03-36-50 dan tinggi ukur *Deneb* 80°32' pada ppw 03-37-18 tempat duga 40°00'U - 30°0'B, Duduk = + 01-08-13. Koreksi indeks 0,5, tinggi mata 12 meter. Tentukan tempat kedudukan kapal dan salah duga dengan konstruksi.
- 14) Pada tanggal 17 Pebruari 2018, pada waktu setempat 18.20 di kapal pada tempat duga 24°02'U - 60°27'B pada ppw 10-31-17 diukur tinggi bintang *Sirius* 36°20' pada ppw = 10-33-25 dan tinggi ukur *Procyon* 38°26' duduk -00-05-24, tinggi mata 10 meter. Tentukan tempat kedudukan kapal dan salah duga dengan konstruksi.
- 15) Pada tanggal 12 Desember 2018, pada waktu setempat 18.40 di kapal pada tempat duga 20°24'U - 98°27'T pada ppw 10-40-54 diukur tinggi bintang *Markab* 76°47' pada ppw = 10-42-58 dan tinggi ukur *Munkar* 42°54' duduk +01-20-17, tinggi mata 12 meter, Koreksi indek -1'. Tentukan tempat kedudukan kapal dan salah duga dengan konstruksi.

Catatan:

Untuk menyelesaikan soal-soal diatas gunakan Almanak Nautika tahun 2018, yang dapat di-google dari website: <https://www.thenauticalalmanac.com>
Peserta didik dapat juga menggunakan almanac nautika tahun 2019, 2020 dan tahun selanjutnya untuk menambah pengetahuan.

Test Formatif 10:

Setelah anda membaca kegiatan belajar 10, bacalah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini, kemudian berikan jawaban sesuai dengan pemahaman yang benar.

Jawablah pernyataan dibawah ini dengan membuat tanda silang pada huruf B (jika benar) atau S (jika salah) sesuai dengan pernyataan yang ada.

16. Waktu yang terbaik untuk pengukuran posisi bintang-bintang adalah pada permulaan atau akhir dari *nautical* dan *civil twilight*, tepatnya di *civil twilight* (B – S).
17. Nama bintang dapat dicari dengan menggunakan *star finder & identifier*. (B – S).
18. Selain diukur tinggi bintangnya, kita juga perlu membaring untuk mendapatkan azimuthnya, dan baringan yang dipakai adalah baringan pedoman. (B – S).
19. Gugus bintang Ursa Mayor berada di belahan bumi selatan (B – S).
20. Bintang-bintang dengan *azimuth*-nya timur akan semakin naik, sebaliknya pada *azimuth* barat akan semakin turun (B – S).

PENUTUP

Uraian setiap bab dalam buku Ilmu Pelayaran Astronomi ini, perlu dipahami bahwa untuk menguasai materi pelayaran astronomi, para peserta didik perlu mempelajari secara seksama tentang sistem tata surya. Sistem tata surya yang terdiri dari benda angkasa berupa matahari dan planet-planet lainnya menjadi sangat penting dan bermanfaat bagi navigator untuk menentukan posisi kapal di tengah samudera.

Posisi kapal dapat ditentukan dengan cara mengukur tinggi benda angkasa atau arah (azimuth) benda angkasa tersebut, baik dilakukan pada siang hari maupun pada malam hari. Benda-benda angkasa yang dimaksud adalah matahari, bulan, bintang dan planet-planet (sayarat). Pengukuran tinggi dan azimuth benda angkasa yang dilakukan pada siang hari, pagi hari dan senja hari biasanya dilakukan terhadap matahari. Bulan, bintang dan sayarat biasanya dilakukan pengukuran pada pagi hari maupun senja hari.

Saat melakukan pengukuran tinggi dan arah benda angkasa tersebut, para navigator berpedoman pada waktu menengah secara global yang dikenal dengan nama waktu menengah *Greenwich (Greenwich Mean Time = GMT)*. *Greenwich Mean Time* saat ini disepakati dengan istilah *Universal Time Coordinate (UTC)*. Data standar waktu global tersebut dapat diperoleh dalam Almanak Nautika yang diikuti dengan data sudut jam barat benda angkasa, zawal benda angkasa beserta koreksi-koreksinya.

Bagian yang paling penting dalam menerapkan Ilmu Pelayaran Astronomi adalah kompetensi yang baik dari seorang navigator untuk menggunakan semua kaidah ilmu astronomi secara baik dan benar dalam menerapkannya dan memanfaatkan benda angkasa tersebut untuk menentukan posisi kapal. Para navigator juga harus kompeten untuk menggunakan peralatan (*sextant, chronometer, kompas baring, calculator, stop watch*) yang dipakai dalam hubungannya dengan pengukuran tinggi benda angkasa tersebut serta menetapkan selisih waktu antara UTC dan waktu setempat. Kemampuan yang baik tersebut dapat dimiliki jika secara berulang-ulang para navigator mengerjakannya. Selain itu para navigator juga harus mampu menggunakan daftar-daftar yang ada (Almanak nautika, Daftar Ilmu Pelayaran dan daftar lainnya), serta diagram-diagram yang digunakan untuk menentukan nama-nama bintang misalnya *Star finder & Identifier*.

Peserta didik dapat dikatakan kompeten, manakala dapat menyelesaikan penugasan yang diberikan dengan tuntas namun yang lebih penting adalah peserta didik dituntut lebih sering melakukan praktik, baik di kapal latih saat simulasi maupun saat praktik laut. Diharapkan para peserta didik juga dapat menambah wawasan tentang Ilmu Pelayaran Astronomi dengan membaca berbagai literature yang terkait dengan pelayaran astronomi.

Demikian buku ini disusun untuk dapat digunakan sebagai salah satu media pembelajaran pada penyelenggaraan pendidikan vokasi di satuan pendidikan kelautan dan perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Admiralty, 2018, The Nautical Almanac, Her Majesty's Nautical Almanac Office, United Kingdom Office, 276 pp
2. Bowditch, Nathanael., 1977, American Practical Navigator, an Epitome of Navigation, Defense Mapping Agency Hydrographic Center, 1367 pp
3. Howell, F.S. Capt., 1986, Navigation Primer for Fishermen, Fishing News Books Ltd, London, England, 181 pp.
4. Soebekti H.R., Capt., 1979. Intisari Ilmu Pelayaran Datar (untuk MPB III). Yayasan Djadajat Jakarta, 139 halaman
5. Martopo, Capt., 1992, Ilmu Pelayaran Astronomi, Balai Pendidikan dan Latihan Pelayaran Semarang, 139 halaman
6. Suyono, R.P. Capt., 1993, Dasar Ilmu Pelayaran Astronomi, Akademi Maritim Indonesia, Jakarta, 210 halaman.
7. Dinas Hidro Oseanografi TNI, 1995. Daftar Ilmu Pelayaran Jilid I. AL Jakarta.
8. Edward Coolen, 1987, Nicholls' Concise Guide to Navigation, Volume I, Brown, Son & Ferguson, Ltd, Glasgow.
9. Garduer, A.C and Creelman, W.G., 1986. Navigation for School and College. Brown Son and Ferguson Ltd. Nautical Publisher, 4 - 10 Darnley Street, 263 p.
10. Himadri K. Lahiry, 1992, The Elements of Navigation and Nautical Astronomy, Brown, Son & Ferguson, Ltd, Glasgow.
11. Nautical Almanac 2018, (<https://www.thenauticalalmanac.com>) [diakses tanggal 18 Pebruari 2018]
12. Palumian M.L. 1985. Intisari Alat-alat Navigasi, Gravindo Utama-Jakarta, 156 halaman.
13. Pardi M. 1954, Pesawat Navigasi untuk ekolah Pelayaran. Timun Mas N.V. 136 halaman
14. Pusat Hidro Oseanografi Angkatan Laut, 2017, Berita Pelaut Indonesia (Indonesian Notice to Mariners) No. 01/2017, PUSHIDROSAL, Sub Dinas Distribusi, Jakarta
15. Richard R. Hobbs, 1990. Marine Navigation. Naval Institute Press, Maryland, 703 pp.
16. Bhattacharjee, S. (<https://www.marineinsight.com/marine-navigation/how-nautical-almanac-helps-in-marine-navigatio/amp/>) [diakses tanggal 18 Januari 2018]

GLOSARYUM

A

Adjustable error adalah kesalahan pada *sextant* yang dapat diperbaiki.

Alhidade adalah jari-jari sebuah lingkaran pada *sextant* yang dapat diputar.

Altitude point: titik tinggi.

Aphelion adalah posisi bumi berada terjauh dari matahari.

Apogee adalah jarak yang terjauh dari bulan ke bumi.

Arc adalah Lembidang busur dibuat dari lempengan logam tipis yang mempunyai angka-angka dari yang paling rendah dan seterusnya membesar.

Atumnal Equinox pada bulan September tanggal 23, dimana zawal matahari pada lintang $23\frac{1}{2}^{\circ}$ U.

Autum (musim gugur atau rontok) pada tanggal 22/9 – 21/12 musim di belahan bumi utara, dan pada tanggal 21/3 – 21/6 musim di belahan bumi selatan.

Azimuth benda angkasa adalah sebagian busur cakrawala, dihitung dari titik utara atau selatan sesuai lintang pengamat, ke arah barat atau timur sampai ke lingkaran tegak yang melalui benda angkasa, diluar dari 0° sampai 180° .

C

Centring error adalah kesalahan titik pusat pada *sextant*.

Collimation error (salah kolimasi). Salah kolimasi terjadi karena teropong tidak sejajar dengan kerangka *sextant*.

Conform: sama sudut

Chronometer adalah alat penunjuk pengukur waktu di kapal untuk mengetahui selisih waktu di kapal dan waktu *GMT/UTC*.

Chronometer error = **CE** atau **duduk** adalah selisih waktu antara *ppw* dan *GMT/UTC* atau jumlah waktu yang harus dijabarkan pada *ppw* untuk mendapatkan *GMT/UTC*.

Chronometer rate atau Lалу pengukur waktu adalah jumlah waktu perubahan dalam duduk. selama jangka waktu tertentu, yang tidak sama dengan 1 hari (24 jam).

Cygnus: nama gugus bintang *Polaris* di belahan utara.

D

Daily rate atau Langkah pengukur waktu adalah: Jumlah waktu perubahan dalam duduk selama 1 hari (24 jam).

Declination (zawal = deklinasi) benda angkasa adalah sebagian busur lingkaran deklinasi. dihitung dari katulistiwa angkasa ke arah utara atau selatan hingga benda angkasa tersebut.

DMAHC: Defence Mapping Agency Hydrographic Centre.

E

Ecliptica adalah lingkaran besar bulatan angkasa dimana bumi berputar mengelilingi matahari.

Eclipse of the Moon (Gerhana Bulan) terjadi karena bumi disinari matahari, maka bumi mempunyai bayangan yang berjarak sampai 800.000 mil.

EHP (Equatorial Horizontal Parallax) adalah paralak datar katulistiwa.

Equation of time (perataan waktu) yaitu selisih antara waktu menengah dengan waktu sejati.

Equinox (sama) adalah posisi bumi dimana siang dan malam sama waktunya.

Evening Twilight-civil- perkiraan Waktu Menengah Greenwich (GMT)/UT dari waktu senja sipil berakhir bilamana pusat geographik matahari berada pada sudut 6° di bawah dari garis

cakrawala.

Evening Twilight-Naut- perkiraan waktu menengah Greenwich/UTC pada saat senja hari nautik berakhir.

G

GPS (Global Positioning System).

Graduation error adalah kesalahan pembagian skala pada *sextant*.

Greenwich Hour Angle (GHA) atau sudut jam barat *Greenwich*, adalah sebagian busur katulistiwa angkasa diukur dari meridian angkasa *Greenwich* ke arah Barat sampai meridian angkasa yang melalui benda angkasa, dihitung dari 0° sampai 360°.

GMT (Greenwich Mean Time: Waktu Menengah Greenwich)

H

Handle atau pegangan pada *sextant* dipasang juga dengan tombol baterai dan berisi baterai yang digunakan sebagai sumber listrik untuk menerangi lampu yang dipasang pada *alhidade*.

Horizon Mirror adalah kaca yang berbentuk lingkaran, yang separuhnya terbuat dari kaca tembus pandang dan separuhnya dari kaca cermin.

H.O: Hydrographic Office.

I

Increment: koreksi tinggi benda angkasa pada nilai awal.

Index error (Salah indeks): Sebuah *sextant* dikatakan memiliki “*index error*” jika *index mirror* (cermin besar) dan *horizon mirror* (cermin kecil) tidak sejajar saat lengan *index (alhidade)* dan tromol (*drum*) dengan skala menitnya diatur tepat pada angka nol.

Index mirror adalah kaca cermin yang berbentuk empat persegi panjang, terbuat dari kaca cermin.

Index shaded adalah kaca berwarna yang digunakan pada cermin besar/kecil, untuk mengurangi intensitas cahaya atau silau.

Interpolation (interpolasi): penyisipan.

L

Latitude point: titik lintang.

Local Hour Angle (LHA) atau sudut jam barat setempat, adalah sebagian busur katulistiwa angkasa diukur dari meridian angkasa pengamat ke arah Barat sampai meridian yang melalui benda angkasa, dihitung dari 0° sampai 360°.

Longitude point: titik bujur.

LOP (Line of position): garis tempat kedudukan kapal.

Loxodrom: garis haluan yang membentuk sudut-sudut miring yang sama dengan semua derajat.

Loxos artinya miring dan *dromos* artinya bergerak (berlayar).

M

Mer.Pass (Meridian Passage) adalah perembangan matahari yaitu pada saat matahari berada di meridian atas si penilik (rembang atas), dengan kombinasi garis-garis tinggi matahari yang didapat sebelum atau sesudahnya. **Mer.Pass (Meridian Passage)** dikaitkan dengan posisi tengah hari (*noon position*) yang merupakan patokan dalam laporan posisi,

perhitungan kecepatan dan jarak.

Micrometer drum adalah bagian dari *sextant* yang tertera pembacaan menit pada *sextant*.

Micrometer Vernier atau Skala Vernier adalah bagian *sextant* untuk pembacaan detik atau perpeuluhan detik, memiliki 5 atau 6 skala garis, yang setara dengan 0,2' atau 10'' setiap garis busur.

Morning Twilight-Naut- perkiraan Waktu Menengah *Greenwich (GMT)/UTC* dimana senja nautik matahari pagi mulai terlihat.

Morning Twilight-Civil- perkiraan waktu *Greenwich/UTC* dari senja sipil mulai terlihat dimana pusat geometric dari matahari yang berada 6° dibawah dari cakrawala.

Moon-Age- ini adalah jumlah hari (umur bulan) sampai bulan baru. Secara spesifik biasanya selama 29 hari peredaran bulan.

Moon-Mer.Pass merupakan perkiraan Waktu *Greenwich/UTC* bilamana bulan melewati derajat pertama (di *Greenwich*) atau melewati Garis Batas Tanggal Internasional (derajah 180°) untuk tanggal tertentu.

Moon-%- jumlah dari cahaya bulan. 100% berarti pada saat bulan purnama. 49% berarti perkiraan pada pertengahan atau setengah dari cahaya bulan purnama.

Moonrise- perkiraan Waktu Menengah *Greenwich (GMT)/UTC* pada saat bulan berada kira-kira 0° 05' sampai 0° 10' di bawah dari garis cakrawala.

Moonset- perkiraan Waktu Menengah *Greenwich (GMT)/UTC* pada saat bulan berada kira-kira 0° 05' sampai 0° 10' di bawah dari garis cakrawala.

N

Nonadjustable error adalah kesalahan pada *sextant* yang tidak dapat diperbaiki.

Nonius (skala Nonius): skala bantu yang membuat pengukuran semakin teliti dalam penggunaan *sextant*.

NNSS (Navy Navigation Satelite System)

O

Orion: nama gugus bintang *Polaris* di belahan bumi utara.

P.

Parallax horizontal adalah sudut dimana pengamat melihat jari-jari bumi dari si pengamat melalui titik tengah benda angkasa jika benda angkasa berada pada cakrawala setempat.

Pegasus: nama gugus bintang *Polaris* di belahan bumi utara.

Perigee adalah jarak yang terdekat dari bulan ke bumi.

Perihelion, yaitu jarak terdekat antara bumi dengan matahari.

Perpendicularity error (kesalahan tegak lurus), kesalahan ini terlihat pada saat cermin besar (*Index mirror*) (cermin besar bentuknya segi empat) tidak berada segaris dengan kerangka dan lembidang busur (*arc*).

Polaris: kutub.

Ppw : Penunjuk pengukur waktu atau *Chronometer*

Presesi disebabkan karena kutub angkasa dari bumi berputar dalam lingkaran kecil mengelilingi kutub *ecliptica* yang mengarah tetap di angkasa.

Prismatic monocle adalah teropong digunakan untuk memperbesar obyek pada saat pengamatan dan lebih mempermudah pengamatan.

Prismatic error adalah kesalahan *prismatic* pada *sextant*.

Q

QSS: *Quality Standard System*

S

Sayarat: istilah yang digunakan pelaut untuk menyebut benda angkasa selain matahari, bulan dan bintang. Penyebutan untuk planet.

Sextant adalah peralatan optik yang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk mengukur tinggi benda angkasa dari permukaan bumi dan juga untuk mengukur sudut-sudut secara horizontal.

Sidereal Hour Angle (SHA) atau sudut jam barat benda angkasa adalah sebagian busur katulistiwa angkasa diukur dari titik Aries ke arah barat, sampai meridian yang melalui benda angkasa, dihitung dari 0° sampai 360° .

Side error adalah kesalahan pada *sextant* yang akan terlihat jika cermin datar (cermin bulat) tidak saling tegak lurus dengan *frame* (kerangka) pada kedudukan alat di tempat yang rata.

Solar eclipse (gerhana matahari) disebabkan karena bulan berada antara bumi dan matahari

Solstices adalah dua titik di *ecliptica* dimana zawal matahari mencapai titik maksimum di Utara dan di Selatan yaitu pada lintang $23\frac{1}{2}^\circ$, dinamakan demikian karena matahari tampak “sampai” di titik tersebut lalu berhenti kemudian bergerak balik dari Selatan ke Utara atau dari Utara ke Selatan.

SOP: Standar Operasional Prosedur.

Spring (musim semi) pada tanggal 21/3 – 21/6 musim di belahan bumi utara dan pada tanggal 22/9 – 21/12 di belahan bumi selatan.

Star finder & identifier: Lingkaran diagram yang digunakan untuk menentukan nama-nama bintang saat penilikan.

Standard Time = Waktu tolok, adalah waktu menengah yang berlaku bagi suatu wilayah negara, dan yang tidak selalu sama dengan waktu Mintakad (*Zone Time*), sehubungan dengan kepentingan lalu lintas di negara yang bersangkutan, contoh seperti WIB, WITA, WIT.

Summer Solstice: terjadi pada tanggal 21 Juni di lintang $23\frac{1}{2}^\circ$ U lalu balik ke Selatan.

Summer (musim panas): pada tanggal 21/6 – 22/9 musim di belahan bumi utara dan pada tanggal 21/12 – 21/3 di belahan bumi selatan.

Sunrise- perkiraan waktu *Greenwich/UTC* pada saat matahari berada $0^\circ 50'$ (setengah garis tengah + refraksi) di bawah dari garis cakrawala.

Sunset-perkiraan Waktu Menengah *Greenwich (GMT)/UTC* pada saat matahari berada pada $0^\circ 50'$ (pada garis menengah ditambah refraksi) di bawah dari garis cakrawala.

T

Twilight: Waktu fajar disebabkan oleh refraksi dan refleksi dari sinar matahari.

U

Ursa Major: nama gugus bintang *Polaris* di belahan bumi utara.

UTC: *Universal Time Coordinated*.

V

Vernal Equinox adalah matahari memasuki titik *Aries* dan matahari berada dalam satu garis dengan Katulistiwa. Zawal matahari pada saat itu adalah 0° serta waktu terang dan gelap

sama lagi di seluruh dunia yaitu pada bulan Maret tanggal 21.

Vernier error kesalahan pada *sextant* yang dapat diperbaiki oleh pembuat alat.

W

Winter Solstice adalah zawal matahari pada tanggal 22 Desember di lintang $23\frac{1}{2}^{\circ}$ S lalu balik ke Utara.

Winter (musim dingin atau salju) pada tanggal 21/12 – 21/3 musim di belahan bumi utara, dan pada tanggal 21/6 – 22/9 musim di belahan bumi selatan.

Worm and rack atau roda gigi adalah sebuah sekrup tanpa ujung yang menjepit rak atau dipasang terselip di bagian bawah *sextant*.

Zone Time = ZT (Waktu Mintakad) adalah waktu menengah pada derajat pertengahan wilayah (derajah) yang bersangkutan.

Test Sumatif

Setelah anda membaca semua kegiatan belajar, bacalah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini, kemudian berikan jawaban sesuai dengan pemahaman yang benar :

A. Pilihan Ganda (jawablah dengan memberi tanda silang pada pilihan jawaban yang benar)

1. Waktu orbit Bumi mengelilingi Matahari lamanya:
A. 224,7 hari
B. 365,26 hari
C. 87,97 hari
D. 687 hari
2. Zawal Matahari maksimum pada $23\frac{1}{2}^{\circ}$ U terjadi pada tanggal:
A. 23 September
B. 21 Juni
C. 21 Maret
D. 22 Desember
3. Lingkaran Balik Mengkara (*Tropic of Cancer*) terletak pada jajar di lintang:
A. $23\frac{1}{2}^{\circ}$ S
B. $23\frac{1}{2}^{\circ}$ U
C. $66\frac{1}{2}^{\circ}$ U
D. $66\frac{1}{2}^{\circ}$ S
4. Lingkaran *Antartic Circle* terletak pada jajar di lintang:
A. $23\frac{1}{2}^{\circ}$ S
B. $23\frac{1}{2}^{\circ}$ U
C. $66\frac{1}{2}^{\circ}$ U
D. $66\frac{1}{2}^{\circ}$ S
5. Instrumen navigasi yang digunakan untuk observasi/pengamatan benda angkasa adalah:
A. *Sextant*, *chronometer*, kompas
B. *Sextant*, klinometer, kompas gasing
C. *Chronometer*, kompas dan *anemometer*
D. Jawaban A, B dan C benar
6. Sebagian busur lingkaran deklinasi, dihitung dari katulistiwa angkasa ke arah utara atau selatan hingga benda angkasa tersebut, dinamakan:
A. GMT
B. SHA
C. Deklinasi
D. LHA
7. Rumus untuk mencari LHA bintang (*) dengan posisi kapal di bujur barat yaitu:
A. $LHA * = GHA \gamma - SHA * + Bujur Timur$
B. $LHA \ominus = GHA \gamma + SHA * - Bujur Timur$
C. $LHA \ominus = GHA \gamma + SHA * + Bujur Barat$
D. $LHA \ominus = GHA \gamma + SHA * - Bujur Barat$
8. Sudut dimana pengamat melihat jari-jari bumi dari si pengamat melalui titik tengah benda angkasa jika benda angkasa berada pada cakrawala setempat, disebut:
A. Refraksi astronomi (RA)
B. Penundukan tepi langit maya
C. *Paralax horizontal*
D. Tinggi yang diukur (*observed altitude*)
9. Rumus perbaikan tinggi ukur tepi bawah bulan, yang dihitung sebagai suku Daftar VII, yaitu:
A. $ptm - lsa - po \cos t + \frac{1}{2}m C$
B. $- ptm - lsa + po \cos t + \frac{1}{2}m C - \frac{1}{2}m C - \frac{1}{2}m C$
C. $(ptm + lsa)$
D. $- ptm - lsa - po \cos t' + 16'$
10. Pada tanggal 27 Juni 2018 diukur tepi bawah matahari = $40^{\circ} 42',0$ Tinggi mata 20 m, Koreksi indeks = (+) $2'$, tinggi sejati matahari ($ts \ominus$) adalah:

21. Waktu menengah yang menjadi dasar untuk suatu tempat jika Sudut Jam Barat (SJB) setempat ($LHA=Local Hour Angel$) dihitung ke arah barat, mulai dari derajat tempat tersebut, adalah:
- A. Waktu menengah setempat
B. Waktu matahari sejati
C. Waktu mintakad
D. Waktu GMT
22. Pada tanggal 24 Mei 2018 jam 23.05 dari bujur $169^{\circ} 15'T$, kapal berlayar sejauh 700 mil dengan kecepatan 14 knot, tiba di bujur $176^{\circ} 30'B$. Hitung tanggal dan jam tiba kapal disebut:
- A. 24 Mei jam 20.30
B. 25 Mei jam 20.03
C. 26 Mei jam 10.17
D. 27 Mei jam 01.05
23. Pada tanggal 12 Juli 2018 jam 18.00 waktu mintakat kapal berada pada bujur $178^{\circ} B$, kemudian berlayar selama 14 jam dan tiba pada $179^{\circ}T$. Hitunglah tanggal dan jam berapa kapal tiba:
- A. Jam 08.00 tanggal 12 Juli
B. Jam 08.00 tanggal 13 Juli
C. Jam 08.00 tanggal 14 Juli
D. Jam 08.00 tanggal 15 Juli
24. Pada tanggal 14 Juni 2018, pk. 08.30 diadakan pengukuran benda angkasa pada ppw = 06-27-23, bujur duga $123^{\circ}37'B$, duduk (-) 02-18-13, Hitunglah GMT sejati:
- A. 12-09-20
B. 14-09-20
C. 15-09-20
D. 16-09-10
25. Yang dimaksud dengan duduk dari pengukur waktu adalah jumlah waktu yang harus ditambahkan pada ppw untuk mendapatkan waktu:
- A. GMT
B. Mintakad
C. Menengah
D. Tolok

B. Benar – Salah

Jawablah dengan membuat tanda silang pada huruf B (jika benar) atau S (jika salah) sesuai dengan pernyataan yang ada.

- Waktu matahari (\odot) menengah = Sudut Jam Barat matahari (\odot) menengah ± 12 jam. (B-S).
- Zone Time = Waktu zone (dibagi dalam 12 zone) pada setiap 15° selisih bujur. (B - S).
- Untuk mengubah GMT menjadi ZT, pakailah ZD dengan tandanya yang sama. (B - S).
- Jumlah waktu Perubahan dalam duduk selama 1 hari (24jam) disebut Langkah. (B - S).
- Selisih waktu antara ppw dan GMT atau jumlah waktu yang harus dijabarkan pada ppw untuk mendapatkan GMT, disebut duduk. (B - S).
- Rumus untuk mencari LHA Aries = GHA Aries $\frac{- \text{Bujur Timur}}{+ \text{Bujur Barat}}$. (B - S).
- Baringan matahari \odot ketika menyinggung tepi langit maya, digunakan rumus:

$$\sin v T = \frac{\cos (l-t) + \sin z}{\cos l \times \cos t}$$
. (B - S).
- Untuk mencari suku A kita dapat mencarinya dalam daftar XI. (B - S).
- Argumentasi untuk mendapat suku B adalah zawal dan P. (B - S).
- Argumentasi untuk mendapat suku C adalah lintang dan T. (B - S).

11. Rumus untuk menghitung titik tinggi adalah Rumus *Douwes* sebagai berikut:

$$\sin th = \cos(l \pm z) + \cos l \cdot \cos z \cdot \sin p. (B - S).$$
12. Untuk lengkung jajar tinggi jika kutub terletak di luar jajar tinggi (berbentuk elips), hal ini terjadi jika: $Z + n < 90^0$ atau $z > ts. (B - S).$
13. Jika $ts - th = 0$ atau $ts = th$, maka G terletak pada jajar tinggi dan H berimpit dengan G, disini garis tinggi ditarik melalui tempat duga, $p = \pm. (B - S).$
14. Untuk menghitung tinggi sebuah benda angkasa maka salah satu langkah yang perlu dilakukan adalah mencari GHA, zawal dan LHA. $(B - S).$
15. Nilai log Term II dicari dalam daftar X Daftar Ilmu pelayaran. $(B - S).$

Kunci Jawaban Test Formatif 1

1	D	6	C	11	A	16	B	21	A
2	C	7	B	12	B	17	A	22	B
3	C	8	A	13	D	18	B	23	B
4	A	9	C	14	D	19	A	24	C
5	B	10	C	15	B	20	D	25	D

Kunci Jawaban Test Formatif 2

1	C	6	B	11	B	16	C	21	B
2	A	7	A	12	B	17	A	22	B
3	C	8	C	13	C	18	B	23	B
4	D	9	B	14	A	19	D	24	A
5	C	10	D	15	D	20	A	25	C

Kunci Jawaban Test Formatif 3

1	B	6	A	11	D	16	C
2	D	7	D	12	C	17	A
3	C	8	C	13	B	18	B
4	A	9	C	14	A	19	D
5	B	10	A	15	B	20	B

Kunci Jawaban Test Formatif 4

1	C	6	C	11	D	16	B	21	C
2	D	7	D	12	A	17	A	22	B
3	A	8	B	13	B	18	D	23	C
4	B	9	A	14	D	19	C	24	B
5	A	10	B	15	C	20	D	25	D

Kunci Jawaban Test Formatif 5

1	A	6	D	1	B	6	S
2	D	7	D	2	S	7	S
3	A	8	C	3	S	8	B
4	B	9	A	4	S	9	B
5	A	10	D	5	B	10	B

Kunci Jawaban Test Formatif 6

1	C	6	k	11	i
2	A	7	g	12	q
3	F	8	m	13	d
4	B	9	o	14	n
5	J	10	h	15	r

Kunci Jawaban Test Formatif 7

1	B	6	B	11	B
2	S	7	S	12	S
3	B	8	S	13	S
4	B	9	B	14	B
5	S	10	B	15	B

Kunci Jawaban Test Formatif 8

1	S
2	B
3	S
4	B
5	S

Kunci Jawaban Test Formatif 9

1	B	6	B	11	S
2	S	7	S	12	B
3	B	8	B	13	B
4	S	9	S	14	S
5	B	10	S	15	B

Kunci Jawaban Test Formatif 10

1	B
2	B
3	S
4	S
5	B

Kunci Jawaban Test Sumatif

1	B	6	C	11	D	16	C	21	A	1	B	6	S	11	S
2	B	7	D	12	C	17	B	22	D	2	S	7	B	12	S
3	B	8	C	13	A	18	D	23	C	3	S	8	B	13	S
4	D	9	A	14	A	19	A	24	D	4	B	9	B	14	B
5	A	10	B	15	C	20	A	25	A	5	B	10	B	15	B

INDEX

A		Avior	195
Acamar	192,195	Azimuth	33,134,135,136, 137, 138, 140, 141, 142,145,202,203
Achenar	195	B	
Acrux	196	Base ball	191
Adhara	194, 195	Battery	112
Adjustable Error	76	Bayer's name	184
Adjustment screw	71	Betelgeuse,	194
Age	16	Bellatrix	194
Aldebaran	194	Big Dipper	184
Alhidade	71	Blunder	41
Alhidade sextant	202	C	
Alkaid	195,199	Canis Major	194
Alioth	195	Canopus	194,196
Al Nair	192,200	Capella	14, 191, 194, 195
Alnilam	194	Capricorn	20
Alpha Century	54	Cassiopeia	191, 195,199
Alpha-Draconic	24	Castor	194
Alphard	195	Catalogue number	184
Alphecca	196,199	Celestial equator	189, 191, 194
Alpheratz	191	Celestial Pole	189
Altair	199	Centauri	14
Altitude Point	161, 162	Centring error	82
American Ephemeris and Almanac Nautical	183	Chronometer	32,41,92,100,107,108, 110, 112, 113,203
<i>Andromeda</i>	191	Chronometer rate	112
Ankaa	192, 195	Civil twilight	202
Annular eclipse	17	Clamp	70,71
Antares	199,200	Collimation error	82, 112
Antarctic Circle	21	Conjunction	16
Aphelion	16,20	Corona Borealis	196,199
Apogee	16	Corvus	196
Apparent altitude	48	Crux	196,200
Arc	70,71	Cygnus	191,199,201
Arctic Circle	21	D	
Arcturus	195, 196,199	Daily rate	112
Aries	23, 24, 25,35,36,88, 100, 192,203	Date	89
Asteroid	13	Day and Night	21
Astronomi	14	Declination	38,88
Atria	196	Deneb	191,199
Auriga	194	Denebola	195
Australe	196	Diphda	191, 192,208
Autumn Equinox	20,23	Dip	48,49,51
Autumn	19,22	Dubhe	195
Auxiliary chart	189		

E		I	
Earth's orbit	18	Increments and corrections	39,89
Ecliptic	17, 18,19,20,23,24,85	Index error	78,80,81
EHP= Equatorial Horizontal Parallax	54,60	Index mark	70
Electric light	70	Index mirror	68,70,71,76,80
Electronic Navigation Chart (ENC)	84	Index shade	70,72
El (East Latitude)	102	J	
Eltanin	199	Jupiter	13,14,15, 25,39,85,88, 194
Enif	192,200	K	
Equinoctial	23	Kaus australis	196,199
Eqn.of time	90,100	Kochab	195,199
Equation of time	123	L	
Erect star telescope	69	LAN = Local Apparent Noon	90
Explanation	91	Leap year	24
F		Leo	195
Full moon	16	LHA = Local Hour Angle	32,33,35,36
Frame	68,70	Libra	23, 196,199
Flamsteed's number	184	Local Mean Time	85,92,100,102
Fomalhaut	191, 192,200	Longitude point	162
G		LOP=Line of Position	152, 163, 171,
Gacrux	196	Losing	112
Gaining	112	Lower	90
Gemini	194	M	
Gienah	196	Mercury	13,14, 15,85
Globe	154, 156	Markab	191
GMT table sunrise/sunset	143	Mars	13,14,15,25,55,85,88, 194
Gps (Global Positioning System)	40	Menkar	192, 194, 208
Graduation error	82	Menkent	199
Greenwich	114	Meridian Greenwich	35, 153
Greenwich Hour Angle (GHA)	32,35,36,39, 88,103	Meridian Passage (Mer.Pass)	88,90, 100, 101, 123, 124, 126, 129, 173
Greenwich mean time	85,88,91,100	Miaplacidus	194, 195, 196
H		Micrometer drum	70,71,72
Hadar	196	Micrometer error	82
Hamal	192	Micrometer sextant	68,70
Handle	69,71	Micrometer vernier	70,71
Hand set	110	Mirfak	191, 195
Horizon	81	Mirror leaning forward	77
Horizon method	78	Moon	89
Horizon mirror	68,70,72	Moon-age	90
Horizon shade	70	Moon eclipse	17
Horizon parallax	89	Moon-mer. pass	90
Ho 249 sight reduction table	202	Moonrise	91
Hydra	195, 196	Moonset-	91

N		Random error	41
Nautical	202	Rasalhague	199
Neptune	13,14, 15	Rational horizon	48,49
New moon	16, 18	Regulus	195, 196
NNSS (Navi Navigation Satelite System)	40	Rigel	194
Nonadjustable error	76,82	Right ascension	24
Noon position	126	Rigil kentaurus	196,199,200
North Celestial Pole	191	Rising piece	69
Northern cross	199	S	
Nunki	199	Sabik	199
O		Saturnus	13,14,15,25,88
Observed altitude	48	Schedar	191
Opposition	16	Scorpius	196,199
Orion	194	Semi diameter (SD)	20, 50,56,89
P		Sensible horizon	48,49
Parallax	49	Sextant	32,67,70,79
Parallax error	80	Sextant altitude	48
Parallax horizontal	48, 51	Sextant errors	76
Partial eclipse	17	Sextant nonius	73
Peacock	192, 196,200	Sextant vernier	73
Pegasus	190, 192,200	Shade error	82
Penumbra	17	Shaula	199
Perigee	16	Side error	78,79,81
Perigeum	56	Sidereal Hour Angle (SHA)	18,33,35,36,37,38,39,88,91,92
Perihelion	16,20	Sirius	194
Perpendicularity error	76,77	Sky diagram	183
Phase	16	Suhail	194, 195, 196
Planet diagram	183	Summer	19,20,22
Pleiades	192, 194	Summer solstice	20,21,23
Plotting	204	Sun	89
Pluto	13,14, 15	Sun-eqn.of time	90
Polar Azimuthal Equidistant Projection	189	Sun-mer.pass	90
Polar chart	189	Solar eclipse	17
Polaris	189,199	Solstice	20
Pollux	194	Southern cross	196
Presesi	24	Spica	196
Prismatic error	82	Spring	19,22
Prismatic monocle	69,70	Standard time	100,103
Procyon	194	Star finder & identifier	38,75,202,203
Q		Star finder and identifier model Kotlaric	207
Quadrature	16	Stars	88
Quartz crystal <i>chronometer</i>	110, 111,	Star chart	190
Quartz crystal	110	Sun rise	90,121,134
R		Sun set	90,121,134

Radio time signal	113	Systematic error	41
T		V	
Taurus	194	V-correction	88,89
Time	88	Venus	13, 14,15,25,55,85,88,194
Total eclipse	17	Vega	191,199
Tropic of cancer	21	Vernier error	82
Tropic of capricorn	21	Vernier sextant	68
True altitude	48,49	Vernal equinox	20, 23
True bearing	203	Visible horizon	48,49
Twilight-civil	90,91	W	
Twilight-nautical	90,91	Winter	19,22
U		Winter solstices	20
Umbra	17	Worm and rack	71
Universal time	88	WL (West Latitude)	102
Upper	90	Z	
Uranus	13, 14, 15	Zenith	33,34,48,199
Ursa major	191, 195	Zone time	100,103
Ursa minor	191, 195	Zone description	103
		Zubenelgenubi	196,199

RIWAYAT PENULIS



Berkeinginan untuk menjadi seorang guru, dimulai dari karier sebagai Guru Magang di SUPM Negeri Bitung pada tahun 1983, saat setelah menyelesaikan pendidikan Diploma III di Akademi Usaha Perikanan Jakarta. Itulah Silvester Simau, A.Pi, S.Pi, M.Si. Setelah menjadi Pegawai Negeri Sipil pada tahun 1985 dengan jabatan guru magang sampai guru madya pada tahun 1997, penulis selalu ingin belajar sehingga melanjutkan pendidikan Diploma IV di Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta pada tahun 1987. Upaya untuk memperdalam ilmu pendidikan selalu menjadi niatnya

sehingga pada tahun 1991 mendapat kesempatan untuk mengikuti pendidikan AKTA IV di IKIP Bandung sambil menyelesaikan Pendidikan Guru/Widyaswara Pertanian (PGWP) di Ciawi – Bogor. Dengan pengalamannya sebagai *job training cadet* di KM Samudera 22 (*long liner*) milik PT. Perikanan Samudera Besar, sebagai instruktur bagi para taruna pada kapal latih KM. Jalajana 01 dan KM. Coelacant milik SUPM Bitung dan Akademi Perikanan Bitung serta mengikuti *job training instructor* di *TS. Kaigi Maru* milik *Ashiya Marine Technical College* (Japan) penulis dapat memberikan motivasi yang tinggi bagi anak didiknya. Integritas penulis untuk mengabdikan di bidang pendidikan perikanan dan kepelautan terus dipegangnya hingga kini. Usai lulus Diploma IV STP Jakarta, putra kelahiran Sikka/Flores, 11 Mei 1960 ini melanjutkan pendidikan S1 di Fakultas Perikanan Universitas Sam Ratulangi-Manado (2005); program Pascasarjana di universitas yang sama pada program studi Ilmu Perairan yang diselesaikan pada tahun 2008.

Tahun 1998 penulis mendapat tugas sebagai Dosen Tetap dengan jabatan Asisten Ahli sampai Lektor Kepala (tahun 2010) pada matakuliah Ilmu Pelayaran Datar, Ilmu Pelayaran Astronomi, Perencanaan Pelayaran, Komunikasi/Semboyan, Dinas Jaga/PIMTL 1972, Maritime English di Akademi Perikanan Bitung. Selain Dosen, Silvester Simau mendapat tugas tambahan sebagai Pembantu Direktur Bidang Akademik dari tahun 2002 s/d 2010 dan sebagai Instruktur Basic Safety Training (BST) bagi pelaut kapal niaga dan perikanan (2006 s/d sekarang). Menjadi anggota tetap Team Penguji Keahlian Pelaut Kapal Penangkap Ikan untuk Sertifikasi ANKAPIN I dan II dari tahun 1988 s/d sekarang.

Bulan Februari tahun 2011 penulis pindah tugas dari Bitung dan menjadi Kepala Balai Pendidikan dan Pelatihan Perikanan Ambon. Bulan November 2013 dipercayakan kembali menjadi dosen dengan tugas tambahan sebagai Direktur Akademi Perikanan Sorong selanjutnya menjabat sebagai Direktur Politeknik KP Sorong pada bulan Januari 2015 sampai September 2017. Bulan Oktober tahun 2017 sampai sekarang penulis ditugaskan kembali sebagai dosen tetap dan menangani Tempat Uji Kompetensi, di Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung.

Sambil bekerja penulis mendapat kesempatan untuk mengikuti berbagai pelatihan di bidang kepelautan, perikanan dan manajemen pendidikan, baik di dalam maupun di luar negeri. Pelatihan yang pernah dikuti antara lain : Basic Safety Training (BST) di Pusdik PERLA dan Pertamina Jakarta (2001), TOT Simulator Navigasi dan Penangkapan Ikan di Pusdiklat Perikanan (2001), *IMO Model Course 6.09, Training For Instructors* di Direktorat Jenderal Perhubungan Laut (2002), *JICA Training Course in Maritime Education of Advanced Information Technology (Navigation) di Marine Technical College-Ashiya-Japan* (2003) dengan memperoleh sertifikat : *Radar /ARPA Simulator Certificate, Deck Work Management Certificate, GMDSS Simulator Training Course Certificate, Oil Tanker Simulator Certificate, Ship Handling and Simulator Certificate, Standard Training for Maritime Officers Aboard Oil Tankers, Chemical Tankers and Liquid Gas Tankers Certificate dan General Japanese Language Course Certificate*. Tahun 2004 mengikuti DIKLAT PIM Tkt. III di LAN-Jakarta, *Training*

Course For Instructor for Crew Resources and Bridge Team Management Sinar Poseidon Gupta (2004), *Fisheries Training Simulator Equipment* (2004), *Internal Auditor, ISO 19011-2002* oleh PT. Java Mitra Mandiri-Jakarta (2005), *External Auditor QSS and QMS, ISO 19011-2002* (2005), *IMO Model Course 3.12 (Assessment, Examination and Certification of Seafarers)* oleh PUSDIKLAT Perhubungan Laut-Jakarta (2006), *Integrated Skills Course di English Language Training Center-UNSRAT-Manado* (2007), *Training on Effective Capacity Building for Senior Public Officials from Selected OIC Member State II* di INPUMA di University of Malaya-Kualalumpur (2009), *GMDSS Simulator in Site Training* oleh TELVENT-Spanyol di Akademi Perikanan Bitung (2010). Menjadi anggota dalam Pertemuan Sosialisasi Kebijakan Penanaman Modal bagi Para Pejabat Fungsi Ekonomi Perwakilan Se-Wilayah Asia Tenggara, Tengah dan Selatan, di Kota Ho Chi Minh – Viet Nam (2011). Mengikuti Pelatihan *Management of Training (MOT)* di PUSDIKLAT KKP (2011). Menghadiri World Rainbow Fishes Congress di Bochol-Reppel-Belgium (2014), Studi banding Pendidikan Perikanan di Berechja College-Urk-Netherlands (2014). Menduduki jabatan sebagai Wakil Ketua PUKP-KAPIN Wilayah VII Ambon dari 2011 s/d 2013; Wakil Ketua PUKP-KAPIN Wilayah VIII Sorong dari tahun 2014 sampai 2017. Selain itu ditunjuk sebagai Ketua LSP-1 Politeknik KP Sorong sekaligus sebagai asesor kompetensi sejak tahun 2015 (bersertifikat) untuk menguji kompetensi para lulusan Politeknik KP di bidang penangkapan ikan dan sebagai asesor ahli (bersertifikat) bidang penangkapan ikan tahun 2017 s/d sekarang. Menjabat Ketua Tempat Uji Kompetensi Politeknik KP Bitung tahun 2017 sampai 2024. Di sela kesibukannya, penulis masih menyisihkan waktu untuk menulis buku tentang kepelautan dan perikanan dengan judul *Peraturan Internasional Mencegah Tubrukan di Laut, 1972*, ISBN 978-602-50424-5-4 (terdaftar dengan Surat Pencatatan Ciptaan dari Kementerian Hukum dan HAM nomor 000126952), *Buku tentang Teknik Penyelamatan Diri Saat Darurat di atas Kapal* ISBN 978-602-50424-7-8 (terdaftar dengan Surat Pencatatan Ciptaan dari Kementerian Hukum dan HAM nomor 000126857), dan *buku Ilmu Pelayaran Datar* (terdaftar dengan Surat Pencatatan Ciptaan dari Kementerian Hukum dan HAM nomor 0001).



Grandhi Kaenato da Gomez, S.S.T. Pi dilahirkan di Bitung pada tanggal 15 Desember 1972. Menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Katolik V Bitung pada tahun 1988, melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMA St. Bosco Bitung, selanjutnya pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA 1 Bitung diselesaikannya pada tahun 2000. Dengan semangat yang tinggi untuk n kelautan dan perikanan, maka pada tahun 2000, Grandhi sapaan akrab penulis mengikuti pendidikan di Sekolah Tinggi Perikanan (STP) Jakarta pada program Penangkapan Ikan. Ketekunan dalam mengikuti pendidikan di STP

menjadikan dirinya lebih percaya diri karena mendapat *reward* dari STP bersama 3 orang temannya pada bulan Juni tahun 2013 untuk mengikuti kegiatan penelitian bersama dosen di kapal latih KM. Madidihang 3 yang berlayar di perairan Kaimana-Papua. Keingintahuan tentang teknologi penangkapan ikan memotivasi dirinya untuk melakukan *job training* di kapal perikanan Rusia dalam rangka menyelesaikan tugas akhir mengikuti pendidikan Diploma IV di Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta. Selama satu tahun penuh menjadi *cadet job training* di kapal penangkap kepiting (*trapping crab*) FV Shans 103 milik JSC Rybolovetskiy Kholkoz Vostok-1 yang mengarungi perairan kutub utara di laut Okhostk-Rusia memberikan pengalaman yang sangat menantang, penuh resiko dan berharga bagi penulis.

Setelah lulus Diploma IV STP Jakarta tahun 2014, dengan menyandang gelar Sarjana Sains

Terapan Perikanan, penulis mengikuti seleksi penerima Calon Pegawai Negeri Sipil dengan tekad untuk menjadi tenaga pendidik. Tahun 2015 penulis muda yang potensial ini diangkat menjadi CPNS dengan jabatan calon guru di Sekolah Usaha Perikanan Menengah Kupang. Tahun 2016 diangkat menjadi Guru Pertama dengan tugas sebagai pengajar pada mata pelajaran Radar dan navigasi elektronik; Basic Safety Training (BST); Daerah, metode dan teknik penangkapan ikan; Perikanan bertanggung jawab (CCRF); Penanganan ikan hasil tangkapan; Hukum maritim dan peraturan perikanan. Kesibukannya sebagai Guru Pertama, Grandhi masih menyisihkan waktu untuk menulis buku tentang kepelautan dengan judul Peraturan Internasional Mencegah Tubrukan di Laut, 1972, ISBN 978-602-50424-5-4 (terdaftar dengan Surat Pencatatan Ciptaan dari Kementerian Hukum dan HAM, nomor 000126952), Buku tentang Teknik Penyelamatan Diri Saat Darurat di atas Kapal, ISBN 978-602-50424-7-8 (terdaftar dengan Surat Pencatatan Ciptaan dari Kementerian Hukum dan HAM, nomor 000126857). Tahun 2020 melanjutkan Pendidikan formal S2 di Politeknik AUP Jakarta.

Halaman extract

DAFTAR ILMU PELAYARAN

UNTUK PENYELESAIAN SOAL-SOAL PENUGASAN

DAFTAR V. — PENJABARAN DARI SUATU TINGGI.

Tinggi ukur. tepi matahari.	Tinggi mata dalam satuan meter.																						
	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	+0,1	+0,4	+1,0	+1,8	+2,8	+4,2	+6,1	+8,3	+10,8	+13,7	+17,0	+20,8	+25,1	+29,9	+35,1	+40,8	+47,1	+54,0	+61,5	+69,6	+78,4	+87,8	+97,9
40	+0,3	+0,8	+1,6	+2,8	+4,3	+6,4	+9,2	+12,7	+16,9	+21,8	+27,4	+33,7	+40,7	+48,4	+56,8	+65,9	+75,7	+86,2	+97,4	+109,4	+122,1	+135,5	+149,7
50	+0,6	+1,3	+2,4	+4,0	+6,1	+8,7	+12,0	+16,0	+20,8	+26,4	+32,7	+39,7	+47,5	+56,1	+65,5	+75,6	+86,5	+98,2	+110,7	+124,0	+138,1	+153,0	+168,8
60	+0,9	+1,9	+3,2	+5,0	+7,3	+10,2	+13,9	+18,4	+23,7	+29,8	+36,7	+44,4	+52,9	+62,3	+72,5	+83,5	+95,4	+108,2	+121,9	+136,6	+152,3	+169,0	+186,8
70	+1,3	+2,7	+4,4	+6,6	+9,4	+12,9	+17,3	+22,6	+28,7	+35,6	+43,4	+52,1	+61,7	+72,3	+83,9	+96,5	+110,1	+124,8	+140,5	+157,3	+175,2	+194,3	+214,7
80	+1,7	+3,5	+5,6	+8,3	+12,1	+16,1	+21,1	+27,1	+33,9	+41,6	+50,3	+60,0	+70,7	+82,5	+95,3	+109,2	+124,2	+140,3	+157,5	+175,9	+195,6	+216,7	+239,4
90	+2,2	+4,4	+6,9	+9,9	+14,0	+18,5	+24,1	+30,7	+38,2	+46,8	+56,4	+67,1	+78,9	+91,8	+105,8	+120,9	+137,2	+154,7	+173,4	+193,4	+214,8	+237,8	+262,5
100	+2,7	+5,4	+8,3	+11,7	+16,3	+21,5	+27,5	+34,4	+42,2	+51,0	+60,8	+71,7	+83,7	+96,8	+111,0	+126,4	+143,1	+161,2	+180,7	+201,7	+224,3	+248,6	+274,8
110	+3,3	+6,5	+10,0	+14,2	+19,7	+25,7	+32,6	+40,4	+49,3	+59,3	+70,4	+82,7	+96,3	+111,2	+127,5	+145,3	+164,7	+185,7	+208,4	+232,9	+259,4	+287,9	+318,6
120	+3,9	+7,8	+12,0	+16,7	+23,0	+30,1	+38,2	+47,3	+57,6	+69,2	+82,1	+96,4	+112,2	+129,6	+148,8	+169,8	+192,7	+217,6	+244,6	+273,9	+305,7	+339,9	+376,8
130	+4,5	+9,0	+13,8	+19,4	+26,4	+34,1	+43,0	+53,1	+64,5	+77,4	+91,9	+108,1	+126,1	+146,0	+168,0	+192,2	+218,8	+247,9	+279,7	+314,5	+351,5	+391,0	+433,4
140	+5,1	+10,2	+15,5	+21,6	+29,2	+38,0	+48,0	+59,3	+72,1	+86,6	+102,9	+120,3	+139,9	+161,7	+185,8	+212,3	+241,4	+273,3	+308,3	+345,7	+385,9	+429,3	+476,3
150	+5,8	+11,5	+17,4	+24,2	+32,6	+42,3	+53,4	+65,9	+79,9	+95,7	+113,5	+133,5	+155,9	+180,8	+208,4	+238,9	+272,6	+309,8	+350,0	+393,7	+441,5	+493,0	+548,8
160	+6,6	+13,1	+19,7	+27,2	+36,4	+47,0	+59,1	+72,8	+88,3	+105,9	+125,8	+148,3	+173,7	+202,2	+233,9	+269,1	+308,1	+350,4	+396,7	+447,7	+503,0	+563,3	+628,2
170	+7,4	+14,7	+22,1	+30,3	+40,3	+51,8	+64,8	+79,5	+96,1	+114,9	+136,2	+160,3	+187,5	+218,1	+252,6	+291,4	+334,0	+380,9	+432,8	+489,5	+551,8	+619,5	+693,5
180	+8,2	+16,4	+24,5	+33,5	+44,3	+56,7	+70,6	+87,1	+105,5	+126,1	+150,3	+178,5	+210,2	+245,8	+286,0	+332,4	+384,6	+442,3	+505,3	+573,5	+647,0	+726,0	+811,3
190	+9,1	+18,1	+27,0	+36,8	+48,4	+61,6	+77,3	+95,8	+117,4	+142,6	+171,9	+205,8	+243,9	+286,8	+335,3	+389,9	+450,4	+517,6	+591,4	+671,8	+759,0	+853,1	+954,3
200	+10,0	+19,9	+29,6	+40,2	+52,6	+66,7	+83,5	+103,3	+126,5	+153,8	+185,9	+222,4	+264,0	+311,5	+365,7	+426,5	+494,8	+570,6	+654,9	+747,9	+849,9	+961,1	+1082,6
210	+10,9	+21,6	+32,1	+43,5	+56,7	+71,7	+89,5	+110,7	+135,8	+165,7	+200,3	+240,4	+286,8	+339,5	+398,5	+464,8	+538,5	+620,7	+711,7	+812,8	+925,2	+1049,1	+1184,8
220	+11,8	+23,4	+34,7	+46,9	+61,0	+76,9	+95,6	+117,9	+144,5	+176,3	+214,2	+258,2	+308,3	+364,5	+427,9	+498,6	+577,9	+666,1	+764,5	+873,6	+994,7	+1128,1	+1274,2
230	+12,8	+25,3	+36,5	+49,6	+65,5	+83,2	+103,8	+127,3	+155,6	+189,7	+230,5	+278,1	+332,5	+393,7	+462,9	+540,4	+627,5	+724,7	+832,5	+951,6	+1083,3	+1228,9	+1388,8
240	+13,8	+27,0	+38,1	+51,1	+68,0	+87,7	+110,4	+136,2	+167,0	+204,8	+249,6	+301,5	+360,5	+427,8	+503,7	+589,6	+686,9	+796,2	+918,2	+1054,5	+1206,5	+1375,6	+1563,4
250	+14,8	+28,7	+39,7	+52,7	+71,6	+92,4	+116,3	+143,4	+175,8	+215,7	+263,5	+318,4	+380,5	+451,0	+530,4	+619,1	+717,7	+826,9	+947,6	+1081,6	+1230,4	+1395,6	+1579,0
260	+15,8	+30,5	+41,4	+54,4	+74,3	+96,2	+121,5	+150,5	+184,7	+227,4	+277,7	+335,7	+401,6	+476,8	+562,0	+658,9	+767,3	+888,0	+1022,0	+1171,2	+1337,2	+1521,7	+1726,4
270	+16,8	+32,3	+43,2	+56,2	+77,1	+100,1	+127,0	+158,3	+195,0	+240,7	+294,5	+356,7	+427,4	+507,3	+598,2	+700,9	+816,3	+945,4	+1089,4	+1250,1	+1429,2	+1628,5	+1849,0
280	+17,8	+34,1	+45,0	+58,0	+80,0	+104,1	+133,5	+166,4	+206,5	+255,9	+313,8	+380,4	+456,7	+543,6	+642,9	+755,7	+883,0	+1026,0	+1186,7	+1367,0	+1569,0	+1794,7	+2046,0
290	+18,8	+35,9	+46,8	+60,8	+83,9	+109,2	+137,0	+171,0	+214,9	+268,5	+329,9	+398,2	+475,5	+563,8	+665,1	+781,5	+914,1	+1064,0	+1233,1	+1423,3	+1636,6	+1875,1	+2140,8
300	+19,8	+37,7	+48,6	+62,6	+86,9	+113,6	+143,0	+179,5	+222,8	+281,3	+346,8	+420,2	+502,7	+596,5	+703,8	+826,8	+966,8	+1125,0	+1303,5	+1504,5	+1730,2	+1983,7	+2267,3
310	+20,8	+39,5	+50,4	+64,4	+89,0	+115,7	+143,5	+185,6	+234,7	+300,0	+369,6	+445,0	+529,4	+626,1	+737,4	+864,7	+1009,3	+1183,6	+1388,8	+1617,1	+1871,7	+2155,8	+2471,7
320	+21,8	+41,3	+52,2	+66,3	+92,2	+118,4	+149,4	+194,1	+249,9	+321,0	+395,8	+480,4	+576,0	+684,9	+809,5	+951,2	+1111,5	+1293,0	+1508,0	+1759,8	+2050,8	+2383,6	+2759,9
330	+22,8	+43,1	+54,0	+68,2	+95,0	+121,0	+150,0	+198,4	+259,0	+335,0	+416,8	+507,6	+609,8	+726,0	+858,8	+1011,0	+1184,5	+1391,5	+1634,5	+1916,0	+2238,5	+2605,0	+3018,3
340	+23,8	+44,9	+55,9	+70,4	+98,0	+124,0	+155,5	+206,7	+270,9	+352,0	+440,0	+536,4	+644,8	+767,8	+908,0	+1068,2	+1251,5	+1470,5	+1728,0	+2017,0	+2350,0	+2730,0	+3159,1
350	+24,8	+46,7	+57,8	+72,7	+101,0	+127,0	+158,5	+211,0	+280,0	+365,0	+458,0	+560,8	+674,8	+803,6	+949,0	+1114,0	+1301,5	+1523,0	+1782,0	+2081,0	+2422,0	+2818,0	+3261,1
360	+25,8	+48,5	+59,7	+75,0	+104,0	+130,0	+162,5	+216,0	+288,0	+378,0	+475,0	+582,4	+701,2	+836,0	+990,0	+1166,0	+1367,5	+1603,0	+1886,0	+2219,0	+2615,0	+3067,0	+3578,1
370	+26,8	+50,3	+61,6	+77,4	+107,0	+133,0	+167,5	+221,0	+299,0	+395,0	+500,0	+612,8	+739,2	+884,0	+1052,0	+1247,0	+1472,5	+1741,0	+2067,0	+2465,0	+2929,0	+3453,0	+4040,1
380	+27,8	+52,1	+63,4	+80,0	+110,0	+136,0	+173,0	+226,0	+307,0	+410,0	+523,0	+643,2	+779,2	+936,0	+1118,0	+1329,5	+1576,0	+1871,0	+2229,0	+2653,0	+3137,0	+3685,0	+4301,1
390	+28,8	+53,9	+65,7	+82,7	+113,0	+139,0	+179,5	+231,0	+320,0	+430,0	+550,0	+676,8	+819,2	+980,0	+1173,0	+1400,5	+1663,0	+2001,0	+2439,0	+2947,0	+3509,0	+4139,0	+4839,1
400	+29,8	+55,7	+68,0	+85,4	+116,0	+142,0	+186,0	+236,0	+335,0	+453,0	+580,0	+714,0	+865,2	+1036,0	+1241,0	+1484,5	+1770,0	+2125,0	+2607,0	+3149,0	+3757,0	+4437,0	+5195,1
410	+30,8	+57,5	+70,3	+88,2	+119,0	+145,0	+193,5	+241,0	+345,0	+475,0	+610,0	+757,2	+916,0	+1090,0	+1304,0	+1572,5	+1881,0	+2265,0	+2781,0	+3393,0	+4087,0	+4859,0	+5719,1
420	+31,8	+59,3	+72,6	+91,2	+122,0	+148,0	+201,0	+247,0	+358,0	+495,0	+642,0	+800,0	+970,2	+1156,0	+1384,5	+1663,0	+2000,0	+2435,0	+2983,0	+3659,0	+4429,0	+5297,0	+6269,1
430	+32,8	+61,1	+75,0	+94,4	+125,0	+151,0	+209,5	+254,0	+370,0	+515,0	+670,0	+837,2	+1020,0	+1218,0	+1472,5	+1781,0	+2145,0	+2637,0	+3249,0	+3959,0	+4799,0	+5773,0	+6859,1
440	+33,8	+62,9	+77,4	+97,8	+128,0	+154,0	+217,0	+261,0	+385,0	+538,0	+700,0	+876,2	+1068,0	+1278,0	+1548,5	+1877,0	+2295,0	+2845,0	+3511,0	+4283,0	+5169,0	+6183,0	+7339,1
450	+34,8	+64,7	+79,9	+101,2	+131,0	+157,0	+225,5	+269,0	+400,0	+565,0	+736,0	+924,2	+1124,0	+1348,0	+1634,5	+2001,0	+2499,0	+3127,0	+3867,0	+4723,0	+5701,0	+6829,0	+8111,1
460	+35,8	+66,5	+82,4	+104,8	+134,0	+160,0	+234,0	+278,0	+415,0	+588,0	+766,0	+964,2	+1176,0	+1428,0	+1714,5	+2125,0	+2673,0	+3357,0	+4171,0	+5103,0	+6181,0	+7431,0	+8871,1
470	+36,8	+68,3	+84,9	+108,6	+137,0	+163,0	+243,0	+288,0	+430,0	+610,0	+798,0	+1004,2	+1236,0	+1488,0	+1801,5	+2243,0	+2845,0	+3587,0	+4477,0	+5487,0	+6651,0	+8011,0	+9561,1
480	+37,8	+70,1	+87,4	+112,6	+140,0	+166,0	+252,5	+298,0	+445,0	+635,0	+834,0	+1044,2	+1260,0	+1542,0	+1854,5	+2363,0	+3003,0	+3811,0	+4767,0	+5853,0	+7091,0	+8571,0	+10331,1
490	+38,8	+71,9	+89,9	+116,6	+143,0	+169,0	+262,0	+308,0	+460,0	+660,0	+870,0	+1074,2	+1296,0	+1596,0	+1921,5	+2473,0	+3183,0	+4077,0	+5097,0	+6273,0	+7631,0	+9211,0	+11071,1
500	+39,8	+73,7	+92,4	+120,6	+146,0	+172,0	+271,5	+318,0	+475,0	+685,0	+900,0	+1104,2	+1344,0	+1668,0	+2001,5	+2583,0	+3337,0	+4257,0	+5327,0	+6543,0	+7991,0	+9671,0	+11631,1
510	+40,8	+75,5	+94,9	+124,8	+149,0	+175,0	+281,0	+328,0	+490,0	+710,0	+940,0	+1134,2	+1404,0	+1740,0	+2101,5	+2693,0	+3507,0	+4497,0	+5647,0	+6953,0	+8511,0	+10311,0	+12351,1
520	+41,8	+77,3																					

UKUR TEPI MATAHARI KE TINGGI & SEJATI.

Tinggi ukur tepi matahari.	Tinggi mata dalam satuan meter.												Perbaikan tanggal pada tinggi ukur tepi bawah matahari.		
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Jan.	1	+ 0,3
3	-0,4	-0,9	-1,4	-1,9	-2,4	-2,9	-3,4	-3,9	-4,4	-4,9	-5,4	-5,9	Feb.	16	+ 0,3
	-1,3	-1,8	-2,3	-2,8	-3,3	-3,8	-4,3	-4,8	-5,3	-5,8	-6,3	-6,8	2	+ 0,3	
4	-1,8	-2,3	-2,8	-3,3	-3,8	-4,3	-4,8	-5,3	-5,8	-6,3	-6,8	-7,3	Mar.	16	+ 0,3
	-2,7	-3,2	-3,7	-4,2	-4,7	-5,2	-5,7	-6,2	-6,7	-7,2	-7,7	-8,2	1	+ 0,3	
5	-3,2	-3,7	-4,2	-4,7	-5,2	-5,7	-6,2	-6,7	-7,2	-7,7	-8,2	-8,7	Apr.	16	+ 0,3
	-4,1	-4,6	-5,1	-5,6	-6,1	-6,6	-7,1	-7,6	-8,1	-8,6	-9,1	-9,6	1	0,0	
6	-4,6	-5,1	-5,6	-6,1	-6,6	-7,1	-7,6	-8,1	-8,6	-9,1	-9,6	-10,1	Mei.	16	0,0
	-5,5	-6,0	-6,5	-7,0	-7,5	-8,0	-8,5	-9,0	-9,5	-10,0	-10,5	-11,0	1	- 0,1	
7	-6,0	-6,5	-7,0	-7,5	-8,0	-8,5	-9,0	-9,5	-10,0	-10,5	-11,0	-11,5	Jun.	16	- 0,3
	-6,9	-7,4	-7,9	-8,4	-8,9	-9,4	-9,9	-10,4	-10,9	-11,4	-11,9	-12,4	1	- 0,3	
8	-7,4	-7,9	-8,4	-8,9	-9,4	-9,9	-10,4	-10,9	-11,4	-11,9	-12,4	-12,9	Jul.	16	- 0,3
	-8,3	-8,8	-9,3	-9,8	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,3	-12,8	-13,3	-13,8	1	- 0,3	
9	-8,8	-9,3	-9,8	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,3	-12,8	-13,3	-13,8	-14,3	Agst.	16	- 0,3
	-9,7	-10,2	-10,7	-11,2	-11,7	-12,2	-12,7	-13,2	-13,7	-14,2	-14,7	-15,2	1	- 0,3	
10	-10,2	-10,7	-11,2	-11,7	-12,2	-12,7	-13,2	-13,7	-14,2	-14,7	-15,2	-15,7	Sep.	16	- 0,1
	-11,1	-11,6	-12,1	-12,6	-13,1	-13,6	-14,1	-14,6	-15,1	-15,6	-16,1	-16,6	1	- 0,1	
11	-11,6	-12,1	-12,6	-13,1	-13,6	-14,1	-14,6	-15,1	-15,6	-16,1	-16,6	-17,1	Oktr.	16	0,0
	-12,5	-13,0	-13,5	-14,0	-14,5	-15,0	-15,5	-16,0	-16,5	-17,0	-17,5	-18,0	1	+ 0,1	
12	-13,0	-13,5	-14,0	-14,5	-15,0	-15,5	-16,0	-16,5	-17,0	-17,5	-18,0	-18,5	Nov.	16	+ 0,1
	-13,9	-14,4	-14,9	-15,4	-15,9	-16,4	-16,9	-17,4	-17,9	-18,4	-18,9	-19,4	1	+ 0,1	
13	-14,4	-14,9	-15,4	-15,9	-16,4	-16,9	-17,4	-17,9	-18,4	-18,9	-19,4	-19,9	Des.	16	+ 0,3
	-15,3	-15,8	-16,3	-16,8	-17,3	-17,8	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,3	-20,8	1	+ 0,3	
14	-15,8	-16,3	-16,8	-17,3	-17,8	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,3	-20,8	-21,3			
	-16,7	-17,2	-17,7	-18,2	-18,7	-19,2	-19,7	-20,2	-20,7	-21,2	-21,7	-22,2			
15	-17,2	-17,7	-18,2	-18,7	-19,2	-19,7	-20,2	-20,7	-21,2	-21,7	-22,2	-22,7			
	-18,1	-18,6	-19,1	-19,6	-20,1	-20,6	-21,1	-21,6	-22,1	-22,6	-23,1	-23,6			
16	-18,6	-19,1	-19,6	-20,1	-20,6	-21,1	-21,6	-22,1	-22,6	-23,1	-23,6	-24,1			
	-19,5	-20,0	-20,5	-21,0	-21,5	-22,0	-22,5	-23,0	-23,5	-24,0	-24,5	-25,0			
17	-19,5	-20,0	-20,5	-21,0	-21,5	-22,0	-22,5	-23,0	-23,5	-24,0	-24,5	-25,0			
	-20,4	-20,9	-21,4	-21,9	-22,4	-22,9	-23,4	-23,9	-24,4	-24,9	-25,4	-25,9			
18	-20,9	-21,4	-21,9	-22,4	-22,9	-23,4	-23,9	-24,4	-24,9	-25,4	-25,9	-26,4			
	-21,8	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,3	-24,8	-25,3	-25,8	-26,3	-26,8	-27,3			
19	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,3	-24,8	-25,3	-25,8	-26,3	-26,8	-27,3	-27,8			
	-23,2	-23,7	-24,2	-24,7	-25,2	-25,7	-26,2	-26,7	-27,2	-27,7	-28,2	-28,7			
20	-23,7	-24,2	-24,7	-25,2	-25,7	-26,2	-26,7	-27,2	-27,7	-28,2	-28,7	-29,2			
	-24,6	-25,1	-25,6	-26,1	-26,6	-27,1	-27,6	-28,1	-28,6	-29,1	-29,6	-30,1			
21	-25,1	-25,6	-26,1	-26,6	-27,1	-27,6	-28,1	-28,6	-29,1	-29,6	-30,1	-30,6			
	-26,0	-26,5	-27,0	-27,5	-28,0	-28,5	-29,0	-29,5	-30,0	-30,5	-31,0	-31,5			
22	-26,0	-26,5	-27,0	-27,5	-28,0	-28,5	-29,0	-29,5	-30,0	-30,5	-31,0	-31,5			
	-26,9	-27,4	-27,9	-28,4	-28,9	-29,4	-29,9	-30,4	-30,9	-31,4	-31,9	-32,4			
23	-27,4	-27,9	-28,4	-28,9	-29,4	-29,9	-30,4	-30,9	-31,4	-31,9	-32,4	-32,9			
	-28,3	-28,8	-29,3	-29,8	-30,3	-30,8	-31,3	-31,8	-32,3	-32,8	-33,3	-33,8			
24	-28,8	-29,3	-29,8	-30,3	-30,8	-31,3	-31,8	-32,3	-32,8	-33,3	-33,8	-34,3			
	-29,7	-30,2	-30,7	-31,2	-31,7	-32,2	-32,7	-33,2	-33,7	-34,2	-34,7	-35,2			
25	-29,7	-30,2	-30,7	-31,2	-31,7	-32,2	-32,7	-33,2	-33,7	-34,2	-34,7	-35,2			
	-30,6	-31,1	-31,6	-32,1	-32,6	-33,1	-33,6	-34,1	-34,6	-35,1	-35,6	-36,1			
26	-31,1	-31,6	-32,1	-32,6	-33,1	-33,6	-34,1	-34,6	-35,1	-35,6	-36,1	-36,6			
	-32,0	-32,5	-33,0	-33,5	-34,0	-34,5	-35,0	-35,5	-36,0	-36,5	-37,0	-37,5			
27	-32,5	-33,0	-33,5	-34,0	-34,5	-35,0	-35,5	-36,0	-36,5	-37,0	-37,5	-38,0			
	-33,4	-33,9	-34,4	-34,9	-35,4	-35,9	-36,4	-36,9	-37,4	-37,9	-38,4	-38,9			
28	-33,9	-34,4	-34,9	-35,4	-35,9	-36,4	-36,9	-37,4	-37,9	-38,4	-38,9	-39,4			
	-34,8	-35,3	-35,8	-36,3	-36,8	-37,3	-37,8	-38,3	-38,8	-39,3	-39,8	-40,3			
29	-35,3	-35,8	-36,3	-36,8	-37,3	-37,8	-38,3	-38,8	-39,3	-39,8	-40,3	-40,8			
	-36,2	-36,7	-37,2	-37,7	-38,2	-38,7	-39,2	-39,7	-40,2	-40,7	-41,2	-41,7			
30	-36,7	-37,2	-37,7	-38,2	-38,7	-39,2	-39,7	-40,2	-40,7	-41,2	-41,7	-42,2			
	-37,6	-38,1	-38,6	-39,1	-39,6	-40,1	-40,6	-41,1	-41,6	-42,1	-42,6	-43,1			
31	-38,1	-38,6	-39,1	-39,6	-40,1	-40,6	-41,1	-41,6	-42,1	-42,6	-43,1	-43,6			
	-39,0	-39,5	-40,0	-40,5	-41,0	-41,5	-42,0	-42,5	-43,0	-43,5	-44,0	-44,5			
32	-39,5	-40,0	-40,5	-41,0	-41,5	-42,0	-42,5	-43,0	-43,5	-44,0	-44,5	-45,0			
	-40,4	-40,9	-41,4	-41,9	-42,4	-42,9	-43,4	-43,9	-44,4	-44,9	-45,4	-45,9			
33	-40,9	-41,4	-41,9	-42,4	-42,9	-43,4	-43,9	-44,4	-44,9	-45,4	-45,9	-46,4			
	-41,8	-42,3	-42,8	-43,3	-43,8	-44,3	-44,8	-45,3	-45,8	-46,3	-46,8	-47,3			
34	-42,3	-42,8	-43,3	-43,8	-44,3	-44,8	-45,3	-45,8	-46,3	-46,8	-47,3	-47,8			
	-43,2	-43,7	-44,2	-44,7	-45,2	-45,7	-46,2	-46,7	-47,2	-47,7	-48,2	-48,7			
35	-43,7	-44,2	-44,7	-45,2	-45,7	-46,2	-46,7	-47,2	-47,7	-48,2	-48,7	-49,2			
	-44,6	-45,1	-45,6	-46,1	-46,6	-47,1	-47,6	-48,1	-48,6	-49,1	-49,6	-50,1			
36	-45,1	-45,6	-46,1	-46,6	-47,1	-47,6	-48,1	-48,6	-49,1	-49,6	-50,1	-50,6			
	-46,0	-46,5	-47,0	-47,5	-48,0	-48,5	-49,0	-49,5	-50,0	-50,5	-51,0	-51,5			
37	-46,5	-47,0	-47,5	-48,0	-48,5	-49,0	-49,5	-50,0	-50,5	-51,0	-51,5	-52,0			
	-47,4	-47,9	-48,4	-48,9	-49,4	-49,9	-50,4	-50,9	-51,4	-51,9	-52,4	-52,9			
38	-47,9	-48,4	-48,9	-49,4	-49,9	-50,4	-50,9	-51,4	-51,9	-52,4	-52,9	-53,4			
	-48,8	-49,3	-49,8	-50,3	-50,8	-51,3	-51,8	-52,3	-52,8	-53,3	-53,8	-54,3			
39	-48,8	-49,3	-49,8	-50,3	-50,8	-51,3	-51,8	-52,3	-52,8	-53,3	-53,8	-54,3			
	-49,7	-50,2	-50,7	-51,2	-51,7	-52,2	-52,7	-53,2	-53,7	-54,2	-54,7	-55,2			
40	-49,7	-50,2	-50,7	-51,2	-51,7	-52,2	-52,7	-53,2	-53,7	-54,2	-54,7	-55,2			
	-50,6	-51,1	-51,6	-52,1	-52,6	-53,1	-53,6	-54,1	-54,6	-55,1	-55,6	-56,1			
41	-51,1	-51,6	-52,1	-52,6	-53,1	-53,6	-54,1	-54,6	-55,1	-55,6	-56,1	-56,6			
	-52,0	-52,5	-53,0	-53,5	-54,0	-54,5	-55,0	-55,5	-56,0	-56,5	-57,0	-57,5			
42	-52,5	-53,0	-53,5	-54,0	-54,5	-55,0	-55,5	-56,0	-56,5	-57,0	-57,5	-58,0			
	-53,4	-53,9	-54,4	-54,9	-55,4	-55,9	-56,4	-56,9	-57,4	-57,9	-58,4	-58,9			
43	-53,9	-54,4	-54,9	-55,4	-55,9	-56,4	-56,9	-57,4	-57,9	-58,4	-58,9	-59,4			
	-54,8	-55,3	-55,8	-56,3	-56,8	-57,3	-57,8	-58,3	-58,8	-59,3	-59,8	-60,3			
44	-55,3	-55,8	-56,3	-56,8	-57,3	-57,8	-58,3	-58,8	-59,3	-59,8	-60,3	-60,8			
	-56,2	-56,7	-57,2	-57,7	-58,2	-58,7	-59,2	-59,7	-60,2	-60,7	-61,2	-61,7			
45	-56,7	-57,2	-57,7	-58,2	-58,7	-59,2	-59,7	-60,2	-60,7	-61,2	-61,7	-62,2			
	-57,6	-58,1	-58,6	-59,1	-59,6	-60,1	-60,6	-61,1	-61,6	-62,1	-62,6	-63,1			
46	-58,1	-58,6	-59,1	-59,6	-60,1	-60,6	-61,1	-61,6	-62,1	-62,6	-63,1	-63,6			
	-59,0	-59,5	-60,0	-60,5	-61,0	-61,5	-62,0	-62,5	-63,0	-63,5	-64,0	-64,5			
47	-59,5	-60,0	-60,5	-61,0	-61,5	-62,0	-62,5	-63,0	-63,5	-64,0	-64,5	-65,0			
	-60,4	-60,9	-61,4	-61,9	-62,4</										



DAFTAR VI. — PENJABARAN DARI TINGGI UKUR.

Tinggi ukur	Tinggi mata dalam satuan meter.														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	11.4	11.0	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	
20	11.0	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	
30	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	
40	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	
50	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	
60	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	
70	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	
80	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	
90	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	
100	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	
110	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	
120	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	
130	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	
140	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	
150	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	
160	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	
170	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	
180	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	
190	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
200	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
210	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
220	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
230	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
240	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
40	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	
50	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	
60	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	
70	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	
80	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	
90	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	
100	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	
110	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	
120	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	
130	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	
140	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	
150	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	
160	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	
170	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	
180	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	
190	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
200	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
210	1.5	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
220	1.0	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
230	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
240	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Kemudian bagi sayarat harus ditambahkan.

Tinggi	Paralela datar.											Tinggi		
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'			
10	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
20	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
30	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
40	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
50	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
60	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
70	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
80	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
90	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Lihat resolusi pada bagian bawah halaman 66.

BINTANG ATAU SAYARAT KE TINGGI SEJATI.



Tinggi ukur.	Tinggi mata dalam satuan meter.														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3	77.4	77.4	77.6	77.8	78.0	78.2	78.4	78.6	78.8	79.0	79.2	79.3	79.5	79.7	79.9
30	16.8	16.9	17.1	17.3	17.5	17.7	17.9	18.1	18.3	18.5	18.8	18.8	19.0	19.3	19.3
40	16.3	16.4	16.6	16.8	17.0	17.2	17.4	17.6	17.8	18.0	18.3	18.3	18.5	18.7	18.9
6	15.7	15.9	16.1	16.4	16.6	16.8	17.0	17.2	17.3	17.5	17.7	17.9	18.1	18.3	18.4
30	15.3	15.3	15.5	15.6	15.8	16.0	16.2	16.4	16.6	16.8	17.1	17.3	17.5	17.7	18.0
40	14.9	15.2	15.4	15.6	15.8	16.0	16.2	16.4	16.6	16.7	16.9	17.1	17.3	17.4	17.6
7	14.6	14.8	15.0	15.3	15.5	15.7	15.9	16.0	16.2	16.4	16.6	16.8	16.9	17.1	17.3
30	14.3	14.3	14.5	14.7	14.9	15.1	15.3	15.5	15.7	15.9	16.1	16.3	16.5	16.8	17.0
40	14.0	14.3	14.4	14.6	14.8	15.0	15.2	15.4	15.6	15.8	16.0	16.2	16.3	16.5	16.7
8	13.7	13.9	14.2	14.4	14.6	14.8	15.0	15.1	15.3	15.5	15.7	15.9	16.1	16.3	16.4
30	13.5	13.7	13.9	14.1	14.3	14.5	14.7	14.9	15.1	15.3	15.5	15.6	15.8	16.0	16.1
40	13.3	13.5	13.7	13.9	14.1	14.3	14.5	14.7	14.9	15.1	15.3	15.4	15.6	15.7	15.9
9	13.0	13.3	13.5	13.7	13.9	14.1	14.3	14.5	14.7	14.8	15.0	15.3	15.4	15.6	15.7
30	12.8	13.1	13.3	13.5	13.7	13.9	14.1	14.3	14.4	14.6	14.8	15.0	15.2	15.3	15.5
40	12.6	12.9	13.1	13.3	13.5	13.7	13.9	14.1	14.3	14.4	14.6	14.8	15.0	15.1	15.3
10	12.3	12.7	12.9	13.1	13.3	13.5	13.7	13.9	14.1	14.3	14.4	14.6	14.8	15.0	15.2
11	12.0	12.4	12.6	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8	14.0	14.1	14.3	14.5	14.6	14.8
13	11.6	12.0	12.2	12.4	12.6	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8	14.0	14.1	14.3	14.5
15	11.3	11.7	11.9	12.1	12.3	12.5	12.7	12.9	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8	14.0	14.2
14	10.8	11.3	11.4	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4	12.6	12.7	12.9	13.1	13.3	13.4	13.6
15	10.7	10.9	11.1	11.3	11.5	11.7	11.9	12.1	12.3	12.5	12.6	12.8	13.0	13.2	13.3
16	10.5	10.7	10.9	11.1	11.3	11.5	11.7	11.9	12.1	12.3	12.4	12.6	12.8	13.0	13.1
17	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.3	11.5	11.7	11.9	12.0	12.2	12.4	12.6	12.7	12.9
18	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.3	11.5	11.7	11.8	12.0	12.2	12.4	12.5	12.7
19	9.9	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.3	11.5	11.7	11.8	12.0	12.2	12.3	12.5
20	9.8	10.0	10.2	10.4	10.6	10.8	11.0	11.2	11.4	11.5	11.7	11.9	12.1	12.2	12.4
22	9.5	9.7	9.9	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.3	11.4	11.6	11.8	12.0	12.1
24	9.3	9.5	9.7	9.9	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.2	11.4	11.6	11.7	11.9
26	9.1	9.3	9.5	9.7	9.9	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9	11.0	11.2	11.4	11.5	11.7
28	8.9	9.1	9.3	9.5	9.7	9.9	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.2	11.4	11.6
30	8.8	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0	10.2	10.4	10.6	10.7	10.9	11.1	11.2	11.4
32	8.5	8.8	9.0	9.3	9.4	9.6	9.8	9.9	10.1	10.3	10.5	10.7	10.8	11.0	11.2
34	8.3	8.6	8.8	9.0	9.2	9.4	9.6	9.7	9.9	10.1	10.3	10.5	10.6	10.8	11.0
36	8.2	8.4	8.6	8.8	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8	9.9	10.1	10.3	10.5	10.6	10.8
40	8.0	8.3	8.5	8.7	8.9	9.1	9.3	9.4	9.6	9.8	10.0	10.2	10.3	10.5	10.7
45	7.8	8.1	8.3	8.5	8.7	8.9	9.1	9.3	9.5	9.7	9.9	10.0	10.2	10.4	10.5
50	7.6	7.9	8.1	8.3	8.5	8.7	8.9	9.1	9.2	9.4	9.6	9.7	9.9	10.1	10.3
70	7.4	7.7	7.9	8.1	8.3	8.5	8.7	8.9	9.0	9.2	9.4	9.4	9.6	9.8	10.1
80	7.3	7.5	7.7	7.9	8.1	8.3	8.5	8.7	8.8	9.0	9.2	9.3	9.4	9.6	9.9
90	7.2	7.3	7.5	7.7	7.9	8.1	8.3	8.5	8.7	8.9	9.0	9.2	9.4	9.6	9.7
Tinggi ukur.	Tinggi mata dalam satuan meter.														
	Dikurangkan pada tinggi ukur.														

Kemudian bagi sayarat harus ditambahkan.

Tinggi	Paralaks datar.											Tinggi			
	1"	4"	9"	16"	25"	36"	49"	64"	81"	100"	121"				
10	0.0	0.1	0.1	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	10
30	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	30
50	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	50
70	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	70
90	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	90

Lihat penjelasan pada bagian bawah halaman 64

DAFTAR VII – PENJABARAN DARI TINGGI

PERUBAHAN

Tinggi ukur tepi bulan	Tinggi mata dalam satuan meter.														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	31,2	31,6	32,1	32,7	33,3	33,9	34,6	35,3	36,0	36,7	37,4	38,1	38,8	39,5	
2	32,2	32,6	33,1	33,7	34,3	34,9	35,6	36,3	37,0	37,7	38,4	39,1	39,8	40,5	
3	33,2	33,6	34,1	34,7	35,3	35,9	36,6	37,3	38,0	38,7	39,4	40,1	40,8	41,5	
4	34,2	34,6	35,1	35,7	36,3	36,9	37,6	38,3	39,0	39,7	40,4	41,1	41,8	42,5	
5	35,2	35,6	36,1	36,7	37,3	37,9	38,6	39,3	40,0	40,7	41,4	42,1	42,8	43,5	
6	36,2	36,6	37,1	37,7	38,3	38,9	39,6	40,3	41,0	41,7	42,4	43,1	43,8	44,5	
7	37,2	37,6	38,1	38,7	39,3	39,9	40,6	41,3	42,0	42,7	43,4	44,1	44,8	45,5	
8	38,2	38,6	39,1	39,7	40,3	40,9	41,6	42,3	43,0	43,7	44,4	45,1	45,8	46,5	
9	39,2	39,6	40,1	40,7	41,3	41,9	42,6	43,3	44,0	44,7	45,4	46,1	46,8	47,5	
10	40,2	40,6	41,1	41,7	42,3	42,9	43,6	44,3	45,0	45,7	46,4	47,1	47,8	48,5	
11	41,2	41,6	42,1	42,7	43,3	43,9	44,6	45,3	46,0	46,7	47,4	48,1	48,8	49,5	
12	42,2	42,6	43,1	43,7	44,3	44,9	45,6	46,3	47,0	47,7	48,4	49,1	49,8	50,5	
13	43,2	43,6	44,1	44,7	45,3	45,9	46,6	47,3	48,0	48,7	49,4	50,1	50,8	51,5	
14	44,2	44,6	45,1	45,7	46,3	46,9	47,6	48,3	49,0	49,7	50,4	51,1	51,8	52,5	
15	45,2	45,6	46,1	46,7	47,3	47,9	48,6	49,3	50,0	50,7	51,4	52,1	52,8	53,5	
16	46,2	46,6	47,1	47,7	48,3	48,9	49,6	50,3	51,0	51,7	52,4	53,1	53,8	54,5	
17	47,2	47,6	48,1	48,7	49,3	49,9	50,6	51,3	52,0	52,7	53,4	54,1	54,8	55,5	
18	48,2	48,6	49,1	49,7	50,3	50,9	51,6	52,3	53,0	53,7	54,4	55,1	55,8	56,5	
19	49,2	49,6	50,1	50,7	51,3	51,9	52,6	53,3	54,0	54,7	55,4	56,1	56,8	57,5	
20	50,2	50,6	51,1	51,7	52,3	52,9	53,6	54,3	55,0	55,7	56,4	57,1	57,8	58,5	
21	51,2	51,6	52,1	52,7	53,3	53,9	54,6	55,3	56,0	56,7	57,4	58,1	58,8	59,5	
22	52,2	52,6	53,1	53,7	54,3	54,9	55,6	56,3	57,0	57,7	58,4	59,1	59,8	60,5	
23	53,2	53,6	54,1	54,7	55,3	55,9	56,6	57,3	58,0	58,7	59,4	60,1	60,8	61,5	
24	54,2	54,6	55,1	55,7	56,3	56,9	57,6	58,3	59,0	59,7	60,4	61,1	61,8	62,5	
25	55,2	55,6	56,1	56,7	57,3	57,9	58,6	59,3	60,0	60,7	61,4	62,1	62,8	63,5	
26	56,2	56,6	57,1	57,7	58,3	58,9	59,6	60,3	61,0	61,7	62,4	63,1	63,8	64,5	
27	57,2	57,6	58,1	58,7	59,3	59,9	60,6	61,3	62,0	62,7	63,4	64,1	64,8	65,5	
28	58,2	58,6	59,1	59,7	60,3	60,9	61,6	62,3	63,0	63,7	64,4	65,1	65,8	66,5	
29	59,2	59,6	60,1	60,7	61,3	61,9	62,6	63,3	64,0	64,7	65,4	66,1	66,8	67,5	
30	60,2	60,6	61,1	61,7	62,3	62,9	63,6	64,3	65,0	65,7	66,4	67,1	67,8	68,5	
31	61,2	61,6	62,1	62,7	63,3	63,9	64,6	65,3	66,0	66,7	67,4	68,1	68,8	69,5	
32	62,2	62,6	63,1	63,7	64,3	64,9	65,6	66,3	67,0	67,7	68,4	69,1	69,8	70,5	
33	63,2	63,6	64,1	64,7	65,3	65,9	66,6	67,3	68,0	68,7	69,4	70,1	70,8	71,5	
34	64,2	64,6	65,1	65,7	66,3	66,9	67,6	68,3	69,0	69,7	70,4	71,1	71,8	72,5	
35	65,2	65,6	66,1	66,7	67,3	67,9	68,6	69,3	70,0	70,7	71,4	72,1	72,8	73,5	
36	66,2	66,6	67,1	67,7	68,3	68,9	69,6	70,3	71,0	71,7	72,4	73,1	73,8	74,5	
37	67,2	67,6	68,1	68,7	69,3	69,9	70,6	71,3	72,0	72,7	73,4	74,1	74,8	75,5	
38	68,2	68,6	69,1	69,7	70,3	70,9	71,6	72,3	73,0	73,7	74,4	75,1	75,8	76,5	
39	69,2	69,6	70,1	70,7	71,3	71,9	72,6	73,3	74,0	74,7	75,4	76,1	76,8	77,5	
40	70,2	70,6	71,1	71,7	72,3	72,9	73,6	74,3	75,0	75,7	76,4	77,1	77,8	78,5	
41	71,2	71,6	72,1	72,7	73,3	73,9	74,6	75,3	76,0	76,7	77,4	78,1	78,8	79,5	
42	72,2	72,6	73,1	73,7	74,3	74,9	75,6	76,3	77,0	77,7	78,4	79,1	79,8	80,5	
43	73,2	73,6	74,1	74,7	75,3	75,9	76,6	77,3	78,0	78,7	79,4	80,1	80,8	81,5	
44	74,2	74,6	75,1	75,7	76,3	76,9	77,6	78,3	79,0	79,7	80,4	81,1	81,8	82,5	
45	75,2	75,6	76,1	76,7	77,3	77,9	78,6	79,3	80,0	80,7	81,4	82,1	82,8	83,5	
46	76,2	76,6	77,1	77,7	78,3	78,9	79,6	80,3	81,0	81,7	82,4	83,1	83,8	84,5	
47	77,2	77,6	78,1	78,7	79,3	79,9	80,6	81,3	82,0	82,7	83,4	84,1	84,8	85,5	
48	78,2	78,6	79,1	79,7	80,3	80,9	81,6	82,3	83,0	83,7	84,4	85,1	85,8	86,5	
49	79,2	79,6	80,1	80,7	81,3	81,9	82,6	83,3	84,0	84,7	85,4	86,1	86,8	87,5	
50	80,2	80,6	81,1	81,7	82,3	82,9	83,6	84,3	85,0	85,7	86,4	87,1	87,8	88,5	
51	81,2	81,6	82,1	82,7	83,3	83,9	84,6	85,3	86,0	86,7	87,4	88,1	88,8	89,5	
52	82,2	82,6	83,1	83,7	84,3	84,9	85,6	86,3	87,0	87,7	88,4	89,1	89,8	90,5	
53	83,2	83,6	84,1	84,7	85,3	85,9	86,6	87,3	88,0	88,7	89,4	90,1	90,8	91,5	
54	84,2	84,6	85,1	85,7	86,3	86,9	87,6	88,3	89,0	89,7	90,4	91,1	91,8	92,5	
55	85,2	85,6	86,1	86,7	87,3	87,9	88,6	89,3	90,0	90,7	91,4	92,1	92,8	93,5	
56	86,2	86,6	87,1	87,7	88,3	88,9	89,6	90,3	91,0	91,7	92,4	93,1	93,8	94,5	
57	87,2	87,6	88,1	88,7	89,3	89,9	90,6	91,3	92,0	92,7	93,4	94,1	94,8	95,5	
58	88,2	88,6	89,1	89,7	90,3	90,9	91,6	92,3	93,0	93,7	94,4	95,1	95,8	96,5	
59	89,2	89,6	90,1	90,7	91,3	91,9	92,6	93,3	94,0	94,7	95,4	96,1	96,8	97,5	
60	90,2	90,6	91,1	91,7	92,3	92,9	93,6	94,3	95,0	95,7	96,4	97,1	97,8	98,5	
61	91,2	91,6	92,1	92,7	93,3	93,9	94,6	95,3	96,0	96,7	97,4	98,1	98,8	99,5	
62	92,2	92,6	93,1	93,7	94,3	94,9	95,6	96,3	97,0	97,7	98,4	99,1	99,8	100,5	
Tinggi ukur tepi bulan	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

Ditambahkan pada tinggi ukur Kerdolan, oleh daftar VII^A ditambahkan pada tinggi ukur tepi bawah bulan dan nilai daftar VII^B dikurangkan pada tinggi ukur tepi atas bulan.

Lihat penjelasan pada bagian bawah halaman 65.

UKUR TEPI BULAN KE TINGGI € SEJATI.

PERTAMA

Tinggi ukur tepi bulan	Tinggi mata dalam satuan meter																													
	10	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30															
3	46.4	46.2	45.9	45.7	45.5	45.3	45.1	44.9	44.7	44.5	44.3	44.1	44.0	43.8	43.6															
4	46.1	45.8	45.7	45.4	45.2	45.0	44.8	44.6	44.4	44.2	44.0	43.8	43.6	43.4	43.2															
5	51.0	50.7	50.5	50.3	50.1	49.9	49.7	49.5	49.3	49.1	48.9	48.7	48.5	48.3	48.1															
6	51.3	51.1	50.9	50.7	50.5	50.3	50.1	50.0	49.7	49.5	49.3	49.1	48.9	48.7	48.5															
7	51.4	51.3	51.0	50.7	50.5	50.3	50.1	50.0	49.7	49.5	49.3	49.1	48.9	48.7	48.5															
8	54.1	53.8	53.7	53.4	53.2	53.0	52.8	52.6	52.4	52.2	52.0	51.8	51.6	51.4	51.2															
9	54.7	54.4	54.3	54.0	53.8	53.6	53.4	53.2	53.0	52.8	52.6	52.4	52.2	52.0	51.8															
10	51.7	51.4	51.2	51.0	50.8	50.6	50.4	50.2	50.0	49.8	49.6	49.4	49.2	49.0	48.8															
11	51.4	51.1	50.9	50.7	50.5	50.3	50.1	49.9	49.7	49.5	49.3	49.1	48.9	48.7	48.5															
12	51.4	51.1	50.9	50.7	50.5	50.3	50.1	49.9	49.7	49.5	49.3	49.1	48.9	48.7	48.5															
13	51.7	51.5	51.3	51.1	50.9	50.7	50.5	50.3	50.1	49.9	49.7	49.5	49.3	49.1	48.9															
14	51.1	50.8	50.6	50.4	50.2	50.0	49.8	49.6	49.4	49.2	49.0	48.8	48.6	48.4	48.2															
15	51.8	51.5	51.4	51.1	50.9	50.7	50.5	50.3	50.1	49.9	49.7	49.5	49.3	49.1	48.9															
16	51.8	51.5	51.4	51.1	50.9	50.7	50.5	50.3	50.1	49.9	49.7	49.5	49.3	49.1	48.9															
17	55.8	55.5	55.3	55.1	54.9	54.7	54.5	54.3	54.1	53.9	53.7	53.5	53.3	53.1	52.9															
18	55.7	55.4	55.2	55.0	54.8	54.6	54.4	54.2	54.0	53.8	53.6	53.4	53.2	53.0	52.8															
19	55.0	54.7	54.5	54.3	54.1	53.9	53.7	53.5	53.3	53.1	52.9	52.7	52.5	52.3	52.1															
20	55.4	55.1	54.9	54.7	54.5	54.3	54.1	53.9	53.7	53.5	53.3	53.1	52.9	52.7	52.5															
21	55.2	54.9	54.7	54.5	54.3	54.1	53.9	53.7	53.5	53.3	53.1	52.9	52.7	52.5	52.3															
22	55.6	55.3	55.1	54.9	54.7	54.5	54.3	54.1	53.9	53.7	53.5	53.3	53.1	52.9	52.7															
23	56.7	56.4	56.2	56.0	55.8	55.6	55.4	55.2	55.0	54.8	54.6	54.4	54.2	54.0	53.8															
24	56.3	56.0	55.8	55.6	55.4	55.2	55.0	54.8	54.6	54.4	54.2	54.0	53.8	53.6	53.4															
25	56.3	56.0	55.8	55.6	55.4	55.2	55.0	54.8	54.6	54.4	54.2	54.0	53.8	53.6	53.4															
26	53.0	52.7	52.5	52.3	52.1	51.9	51.7	51.5	51.3	51.1	50.9	50.7	50.5	50.3	50.1															
27	53.1	52.8	52.6	52.4	52.2	52.0	51.8	51.6	51.4	51.2	51.0	50.8	50.6	50.4	50.2															
28	53.2	52.9	52.7	52.5	52.3	52.1	51.9	51.7	51.5	51.3	51.1	50.9	50.7	50.5	50.3															
29	53.3	53.0	52.8	52.6	52.4	52.2	52.0	51.8	51.6	51.4	51.2	51.0	50.8	50.6	50.4															
30	53.4	53.1	52.9	52.7	52.5	52.3	52.1	51.9	51.7	51.5	51.3	51.1	50.9	50.7	50.5															
31	54.0	53.7	53.5	53.3	53.1	52.9	52.7	52.5	52.3	52.1	51.9	51.7	51.5	51.3	51.1															
32	54.0	53.7	53.5	53.3	53.1	52.9	52.7	52.5	52.3	52.1	51.9	51.7	51.5	51.3	51.1															
33	51.1	50.8	50.6	50.4	50.2	50.0	49.8	49.6	49.4	49.2	49.0	48.8	48.6	48.4	48.2															
34	50.7	50.4	50.2	50.0	49.8	49.6	49.4	49.2	49.0	48.8	48.6	48.4	48.2	48.0	47.8															
35	50.3	50.0	49.8	49.6	49.4	49.2	49.0	48.8	48.6	48.4	48.2	48.0	47.8	47.6	47.4															
36	49.7	49.4	49.2	49.0	48.8	48.6	48.4	48.2	48.0	47.8	47.6	47.4	47.2	47.0	46.8															
37	49.2	48.9	48.7	48.5	48.3	48.1	47.9	47.7	47.5	47.3	47.1	46.9	46.7	46.5	46.3															
38	48.7	48.4	48.2	48.0	47.8	47.6	47.4	47.2	47.0	46.8	46.6	46.4	46.2	46.0	45.8															
39	48.2	47.9	47.7	47.5	47.3	47.1	46.9	46.7	46.5	46.3	46.1	45.9	45.7	45.5	45.3															
40	47.8	47.5	47.3	47.1	46.9	46.7	46.5	46.3	46.1	45.9	45.7	45.5	45.3	45.1	44.9															
41	47.0	46.7	46.5	46.3	46.1	45.9	45.7	45.5	45.3	45.1	44.9	44.7	44.5	44.3	44.1															
42	45.3	45.0	44.8	44.6	44.4	44.2	44.0	43.8	43.6	43.4	43.2	43.0	42.8	42.6	42.4															
43	45.0	44.7	44.5	44.3	44.1	43.9	43.7	43.5	43.3	43.1	42.9	42.7	42.5	42.3	42.1															
44	45.0	44.7	44.5	44.3	44.1	43.9	43.7	43.5	43.3	43.1	42.9	42.7	42.5	42.3	42.1															
45	44.0	43.7	43.5	43.3	43.1	42.9	42.7	42.5	42.3	42.1	41.9	41.7	41.5	41.3	41.1															
46	44.1	43.8	43.6	43.4	43.2	43.0	42.8	42.6	42.4	42.2	42.0	41.8	41.6	41.4	41.2															
47	43.4	43.1	42.9	42.7	42.5	42.3	42.1	41.9	41.7	41.5	41.3	41.1	40.9	40.7	40.5															
48	43.7	43.4	43.2	43.0	42.8	42.6	42.4	42.2	42.0	41.8	41.6	41.4	41.2	41.0	40.8															
49	42.0	41.7	41.5	41.3	41.1	40.9	40.7	40.5	40.3	40.1	39.9	39.7	39.5	39.3	39.1															
50	41.3	41.0	40.8	40.6	40.4	40.2	40.0	39.8	39.6	39.4	39.2	39.0	38.8	38.6	38.4															
51	40.7	40.4	40.2	40.0	39.8	39.6	39.4	39.2	39.0	38.8	38.6	38.4	38.2	38.0	37.8															
52	39.9	39.6	39.4	39.2	39.0	38.8	38.6	38.4	38.2	38.0	37.8	37.6	37.4	37.2	37.0															
53	39.3	39.0	38.8	38.6	38.4	38.2	38.0	37.8	37.6	37.4	37.2	37.0	36.8	36.6	36.4															
54	38.7	38.4	38.2	38.0	37.8	37.6	37.4	37.2	37.0	36.8	36.6	36.4	36.2	36.0	35.8															
55	37.8	37.5	37.3	37.1	36.9	36.7	36.5	36.3	36.1	35.9	35.7	35.5	35.3	35.1	34.9															
56	37.0	36.7	36.5	36.3	36.1	35.9	35.7	35.5	35.3	35.1	34.9	34.7	34.5	34.3	34.1															
57	36.3	36.0	35.8	35.6	35.4	35.2	35.0	34.8	34.6	34.4	34.2	34.0	33.8	33.6	33.4															
58	35.5	35.2	35.0	34.8	34.6	34.4	34.2	34.0	33.8	33.6	33.4	33.2	33.0	32.8	32.6															
59	34.7	34.4	34.2	34.0	33.8	33.6	33.4	33.2	33.0	32.8	32.6	32.4	32.2	32.0	31.8															
60	34.0	33.7	33.5	33.3	33.1	32.9	32.7	32.5	32.3	32.1	31.9	31.7	31.5	31.3	31.1															
61	33.3	33.0	32.8	32.6	32.4	32.2	32.0	31.8	31.6	31.4	31.2	31.0	30.8	30.6	30.4															
62	32.4	32.1	31.9	31.7	31.5	31.3	31.1	30.9	30.7	30.5	30.3	30.1	29.9	29.7	29.5															

Ditambahkan pada tinggi ukur. Kemudian, nilai daftar VII^A ditambahkan pada tinggi ukur tepi bawah bulan dan nilai daftar VII^B dikurangkan pada tinggi ukur tepi atas bulan.

DAFTAR VII. — PENJABARAN DARI TINGGI.

PERBAIKAN

Tinggi ukur tepi bulan.	Tinggi mata dalam satuan meter.														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
62	26.0	26.3	25.9	25.4	25.1	24.7	24.4	24.1	23.8	23.5	23.2	22.9	22.6	22.3	22.0
63	26.1	25.5	25.0	24.5	24.1	23.9	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3	21.0
64	25.3	24.7	24.3	23.8	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3	21.0	20.7	20.4
65	26.4	25.9	25.4	25.0	24.6	24.3	24.0	23.7	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6
66	25.6	25.0	24.6	24.1	23.8	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3	21.0	20.7
67	24.8	24.2	23.7	23.3	23.0	22.7	22.4	22.1	21.8	21.5	21.2	20.9	20.6	20.3	20.0
68	25.9	25.4	24.9	24.5	24.1	23.8	23.5	23.2	22.9	22.6	22.3	22.0	21.7	21.4	21.1
69	25.1	24.5	24.0	23.6	23.2	22.9	22.6	22.3	22.0	21.7	21.4	21.1	20.8	20.5	20.2
70	26.2	25.7	25.2	24.8	24.4	24.1	23.8	23.5	23.2	22.9	22.6	22.3	22.0	21.7	21.4
71	26.3	25.8	25.3	24.9	24.5	24.2	23.9	23.6	23.3	23.0	22.7	22.4	22.1	21.8	21.5
72	25.5	24.9	24.4	24.0	23.7	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3	21.0	20.7
73	25.6	25.0	24.5	24.1	23.8	23.5	23.2	22.9	22.6	22.3	22.0	21.7	21.4	21.1	20.8
74	26.7	26.2	25.7	25.3	24.9	24.6	24.3	24.0	23.7	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9
75	25.8	25.3	24.8	24.4	24.0	23.7	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3	21.0
76	26.9	26.4	25.9	25.5	25.1	24.8	24.5	24.2	23.9	23.6	23.3	23.0	22.7	22.4	22.1
77	26.0	25.5	25.0	24.6	24.2	23.9	23.6	23.3	23.0	22.7	22.4	22.1	21.8	21.5	21.2
78	25.1	24.5	24.1	23.7	23.3	23.0	22.7	22.4	22.1	21.8	21.5	21.2	20.9	20.6	20.3
79	25.2	24.7	24.2	23.8	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3	21.0	20.7	20.4
80	26.3	25.8	25.3	24.9	24.5	24.2	23.9	23.6	23.3	23.0	22.7	22.4	22.1	21.8	21.5
81	26.4	25.9	25.4	25.0	24.6	24.3	24.0	23.7	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6
82	25.5	24.9	24.4	24.0	23.7	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3	21.0	20.7
83	26.6	26.1	25.6	25.2	24.8	24.5	24.2	23.9	23.6	23.3	23.0	22.7	22.4	22.1	21.8
84	25.7	25.1	24.6	24.2	23.8	23.5	23.2	22.9	22.6	22.3	22.0	21.7	21.4	21.1	20.8
85	26.8	26.3	25.8	25.4	25.0	24.7	24.4	24.1	23.8	23.5	23.2	22.9	22.6	22.3	22.0
86	25.9	25.3	24.8	24.4	24.0	23.7	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3	21.0
87	25.0	24.4	23.9	23.5	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3	21.0	20.7	20.4	20.1
88	26.1	25.6	25.1	24.7	24.3	24.0	23.7	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3
89	25.2	24.6	24.1	23.7	23.3	23.0	22.7	22.4	22.1	21.8	21.5	21.2	20.9	20.6	20.3
90	26.3	25.7	25.2	24.8	24.4	24.1	23.8	23.5	23.2	22.9	22.6	22.3	22.0	21.7	21.4
Tinggi ukur tepi bulan.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Ditambahkan pada tinggi ukur. Kemudian, nilai daftar VII^A ditambahkan pada tinggi ukur tepi bawah bulan dan nilai daftar VII^B dikurangkan pada tinggi ukur tepi atas bulan.

Lihat penjelasan pada bagian bawah halaman 66.

DAFTAR VIIA. — PERBAIKAN KEDUA PADA PENJABARAN TINGGI

UKUR TEPI BAWAH BULAN.

Tinggi x ukur.	Paralaks daftar katulistiwa bulan															Tinggi c ukur.
	34	34.5	35	35.5	36	36.5	37	37.5	38	38.5	39	39.5	40	40.5	41		41.5
2	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4
10	0.3	0.8	1.5	2.1	2.7	3.4	4.0	4.6	5.2	5.8	6.4	7.0	7.6	8.2	8.8	9.4
20	0.4	0.8	1.4	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.8	7.4	8.0	8.6	9.2
30	0.4	0.8	1.3	1.9	2.5	3.0	3.6	4.2	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	7.6	8.2	8.7
40	0.4	0.7	1.2	1.7	2.3	2.8	3.3	3.8	4.3	4.8	5.4	5.9	6.4	6.9	7.5	8.0
50	0.3	0.6	1.1	1.5	2.0	2.4	2.9	3.4	3.8	4.3	4.8	5.3	5.7	6.2	6.7	7.2
60	0.3	0.5	0.9	1.3	1.7	2.1	2.5	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8	6.2
70	0.3	0.4	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.7	4.0	4.4	4.7	5.1
80	0.3	0.3	0.5	0.7	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.3	2.5	2.8	3.0	3.2	3.4
90	0.0	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1

Ditambahkan pada tinggi ukur tepi BAWAH bulan.

UKUR TEPI BULAN KE TINGGI SEJATI

PERTAMA

Tinggi ukur tepi bulan	Tinggi mata dalam satuan meter.														
	05	11	18	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88	95	102
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	12.4	13.1	13.8	14.5	15.2	15.9	16.6	17.3	18.0	18.7	19.4	20.1	20.8	21.5	22.2
04	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5	16.3	17.1	17.9	18.7	19.5	20.3	21.1	21.9	22.7
06	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5	16.3	17.1	17.9	18.7	19.5	20.3	21.1	21.9
08	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5	16.3	17.1	17.9	18.7	19.5	20.3	21.1
10	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5	16.3	17.1	17.9	18.7	19.5	20.3
12	8.6	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5	16.3	17.1	17.9	18.7	19.5
14	8.0	8.6	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5	16.3	17.1	17.9	18.7
16	7.4	8.0	8.6	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5	16.3	17.1	17.9
18	6.9	7.4	8.0	8.6	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5	16.3	17.1
20	6.4	6.9	7.4	8.0	8.6	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5	16.3
22	5.9	6.4	6.9	7.4	8.0	8.6	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7	15.5
24	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	8.0	8.6	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.7
26	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	8.0	8.6	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9
28	4.6	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	8.0	8.6	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1
30	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	8.0	8.6	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3
32	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	8.0	8.6	9.3	10.0	10.7	11.5
34	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	8.0	8.6	9.3	10.0	10.7
36	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	8.0	8.6	9.3	10.0
38	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	8.0	8.6	9.3
40	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	8.0	8.6
42	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	8.0
44	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4
46	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9
48	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.4
50	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9
52	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4
54	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0
56	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6
58	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2
60	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8
62	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5
64	-0.9	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2
66	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9
68	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6
70	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3
72	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0
74	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7
76	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1	1.4
78	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.1
80	-3.3	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8
82	-3.6	-3.3	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5
84	-3.9	-3.6	-3.3	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	0.0	0.2
86	-4.2	-3.9	-3.6	-3.3	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	0.0
88	-4.5	-4.2	-3.9	-3.6	-3.3	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3
90	-4.8	-4.5	-4.2	-3.9	-3.6	-3.3	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9	-0.6
92	-5.1	-4.8	-4.5	-4.2	-3.9	-3.6	-3.3	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2	-0.9
94	-5.4	-5.1	-4.8	-4.5	-4.2	-3.9	-3.6	-3.3	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5	-1.2
96	-5.7	-5.4	-5.1	-4.8	-4.5	-4.2	-3.9	-3.6	-3.3	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8	-1.5
98	-6.0	-5.7	-5.4	-5.1	-4.8	-4.5	-4.2	-3.9	-3.6	-3.3	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1	-1.8
100	-6.3	-6.0	-5.7	-5.4	-5.1	-4.8	-4.5	-4.2	-3.9	-3.6	-3.3	-3.0	-2.7	-2.4	-2.1

Ditambahkan pada tinggi ukur Kemutihan, nilai daftar VII^A ditambahkan pada tinggi ukur tepi bawah bulan dan nilai daftar VII^B dikurangkan pada tinggi ukur tepi atas bulan.

Lihat pengajaran pada bagian bawah halaman 88

DAFTAR VIII. - PERBAIKAN KEDUA PADA PENJABARAN TINGGI UKUR TEPI ATAS BULAN.

Tinggi ukur	Paralaks daftar katulistiwa bulan															Tinggi ukur	
	54	54.5	55	55.5	56	56.5	57	57.5	58	58.5	59	59.5	60	60.5	61		61.5
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
10	29.2	28.9	28.5	28.1	27.8	27.4	27.0	26.7	26.3	26.0	25.6	25.3	24.9	24.5	24.2	23.8	10
20	29.4	28.9	28.3	27.8	27.4	27.0	26.5	26.1	25.7	25.3	24.9	24.5	24.1	23.7	23.3	22.9	20
30	29.3	28.9	28.4	27.9	27.5	27.1	26.7	26.3	25.9	25.5	25.1	24.7	24.3	23.9	23.5	23.1	30
40	29.1	28.7	28.2	27.7	27.3	26.9	26.5	26.1	25.7	25.3	24.9	24.5	24.1	23.7	23.3	22.9	40
50	29.3	28.9	28.5	28.1	27.7	27.3	26.9	26.5	26.1	25.7	25.3	24.9	24.5	24.1	23.7	23.3	50
60	29.2	28.8	28.4	28.0	27.6	27.2	26.8	26.4	26.0	25.6	25.2	24.8	24.4	24.0	23.6	23.2	60
70	29.3	28.9	28.5	28.1	27.7	27.3	26.9	26.5	26.1	25.7	25.3	24.9	24.5	24.1	23.7	23.3	70
80	29.4	29.0	28.6	28.2	27.8	27.4	27.0	26.6	26.2	25.8	25.4	25.0	24.6	24.2	23.8	23.4	80
90	29.6	29.2	28.8	28.4	28.0	27.6	27.2	26.8	26.4	26.0	25.6	25.2	24.8	24.4	24.0	23.6	90

Dikurangkan pada tinggi ukur tepi ATAS bulan.

2° 30' - 3°
0' 10" - 0' 12"

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN
LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRA

derajat	menit	Log. Sinus Versus	Log. Cosus	Log. Sinus	Log. Cosinus	Log. Secans	Log. Tang.	Log. Cotang.	Nilai Sinus	Nilai Cosinus	Log. Sinus Versus	menit	derajat
derajat	waktu											waktu	derajat
30	10	8,97814	11,36032	8,97888	9,99919	10,00041	8,94909	11,35991	0,54380	0,99985	9,97861	80	30
30,5	2	,00143	,32888	,00113	,99919	,00041	,04114	,35826	,04379	,99984	,00128	18	30,5
31	4	,00287	,32744	,00229	,99918	,00042	,04198	,35703	,04259	,99984	,00250	18	31
31,5	6	,00431	,32600	,00373	,99918	,00042	,04282	,35578	,04196	,99983	,00373	18	31,5
32	8	,00574	,32457	,00517	,99918	,00042	,04365	,35451	,04129	,99983	,00497	18	32
32,5	10	,00718	,32313	,00661	,99917	,00043	,04448	,35327	,04062	,99982	,00620	18	32,5
33	12	,00862	,32170	,00805	,99917	,00043	,04531	,35202	,03995	,99981	,00743	18	33
33,5	14	,01006	,32026	,00949	,99917	,00043	,04614	,35078	,03928	,99980	,00866	18	33,5
34	16	,01150	,31883	,01093	,99916	,00044	,04697	,34953	,03861	,99979	,00989	18	34
34,5	18	,01294	,31739	,01237	,99916	,00044	,04780	,34829	,03794	,99978	,01112	18	34,5
35	20	,01438	,31596	,01381	,99915	,00044	,04863	,34704	,03727	,99977	,01235	18	35
35,5	22	,01582	,31452	,01525	,99915	,00044	,04946	,34579	,03660	,99976	,01358	18	35,5
36	24	,01726	,31309	,01669	,99914	,00045	,05029	,34454	,03593	,99975	,01481	18	36
36,5	26	,01870	,31165	,01813	,99914	,00045	,05112	,34329	,03526	,99974	,01604	18	36,5
37	28	,02014	,31022	,01957	,99913	,00045	,05195	,34204	,03459	,99973	,01727	18	37
37,5	30	,02158	,30878	,02101	,99913	,00045	,05278	,34079	,03392	,99972	,01850	18	37,5
38	32	,02302	,30735	,02245	,99912	,00046	,05361	,33954	,03325	,99971	,01973	18	38
38,5	34	,02446	,30591	,02389	,99912	,00046	,05444	,33829	,03258	,99970	,02096	18	38,5
39	36	,02590	,30448	,02533	,99911	,00046	,05527	,33704	,03191	,99969	,02219	18	39
39,5	38	,02734	,30304	,02677	,99911	,00046	,05610	,33579	,03124	,99968	,02342	18	39,5
40	40	,02878	,30161	,02821	,99910	,00047	,05693	,33454	,03057	,99967	,02465	18	40
40,5	42	,03022	,30017	,02965	,99910	,00047	,05776	,33329	,02990	,99966	,02588	18	40,5
41	44	,03166	,29874	,03109	,99909	,00047	,05859	,33204	,02923	,99965	,02711	18	41
41,5	46	,03310	,29730	,03253	,99909	,00047	,05942	,33079	,02856	,99964	,02834	18	41,5
42	48	,03454	,29587	,03397	,99908	,00048	,06025	,32954	,02789	,99963	,02957	18	42
42,5	50	,03598	,29443	,03541	,99908	,00048	,06108	,32829	,02722	,99962	,03080	18	42,5
43	52	,03742	,29300	,03685	,99907	,00048	,06191	,32704	,02655	,99961	,03203	18	43
43,5	54	,03886	,29156	,03829	,99907	,00048	,06274	,32579	,02588	,99960	,03326	18	43,5
44	56	,04030	,29013	,03973	,99906	,00049	,06357	,32454	,02521	,99959	,03449	18	44
44,5	58	,04174	,28869	,04117	,99906	,00049	,06440	,32329	,02454	,99958	,03572	18	44,5
45	60	,04318	,28726	,04261	,99905	,00049	,06523	,32204	,02387	,99957	,03695	18	45
45,5	2	,04462	,28582	,04405	,99905	,00050	,06606	,32079	,02320	,99956	,03818	18	45,5
46	4	,04606	,28439	,04549	,99904	,00050	,06689	,31954	,02253	,99955	,03941	18	46
46,5	6	,04750	,28295	,04693	,99904	,00050	,06772	,31829	,02186	,99954	,04064	18	46,5
47	8	,04894	,28152	,04837	,99903	,00051	,06855	,31704	,02119	,99953	,04187	18	47
47,5	10	,05038	,28008	,04981	,99903	,00051	,06938	,31579	,02052	,99952	,04310	18	47,5
48	12	,05182	,27865	,05125	,99902	,00051	,07021	,31454	,01985	,99951	,04433	18	48
48,5	14	,05326	,27721	,05269	,99902	,00052	,07104	,31329	,01918	,99950	,04556	18	48,5
49	16	,05470	,27578	,05413	,99901	,00052	,07187	,31204	,01851	,99949	,04679	18	49
49,5	18	,05614	,27434	,05557	,99901	,00052	,07270	,31079	,01784	,99948	,04802	18	49,5
50	20	,05758	,27291	,05701	,99900	,00053	,07353	,30954	,01717	,99947	,04925	18	50
50,5	22	,05902	,27147	,05845	,99900	,00053	,07436	,30829	,01650	,99946	,05048	18	50,5
51	24	,06046	,27004	,05989	,99899	,00054	,07519	,30704	,01583	,99945	,05171	18	51
51,5	26	,06190	,26860	,06133	,99899	,00054	,07602	,30579	,01516	,99944	,05294	18	51,5
52	28	,06334	,26717	,06277	,99898	,00054	,07685	,30454	,01449	,99943	,05417	18	52
52,5	30	,06478	,26573	,06421	,99898	,00055	,07768	,30329	,01382	,99942	,05540	18	52,5
53	32	,06622	,26430	,06565	,99897	,00055	,07851	,30204	,01315	,99941	,05663	18	53
53,5	34	,06766	,26286	,06709	,99897	,00055	,07934	,30079	,01248	,99940	,05786	18	53,5
54	36	,06910	,26143	,06853	,99896	,00056	,08017	,29954	,01181	,99939	,05909	18	54
54,5	38	,07054	,26000	,06997	,99896	,00056	,08100	,29829	,01114	,99938	,06032	18	54,5
55	40	,07198	,25856	,07141	,99895	,00056	,08183	,29704	,01047	,99937	,06155	18	55
55,5	42	,07342	,25713	,07285	,99895	,00057	,08266	,29579	,00980	,99936	,06278	18	55,5
56	44	,07486	,25569	,07429	,99894	,00057	,08349	,29454	,00913	,99935	,06401	18	56
56,5	46	,07630	,25426	,07573	,99894	,00057	,08432	,29329	,00846	,99934	,06524	18	56,5
57	48	,07774	,25282	,07717	,99893	,00058	,08515	,29204	,00779	,99933	,06647	18	57
57,5	50	,07918	,25139	,07861	,99893	,00058	,08598	,29079	,00712	,99932	,06770	18	57,5
58	52	,08062	,25000	,08005	,99892	,00058	,08681	,28954	,00645	,99931	,06893	18	58
58,5	54	,08206	,24856	,08149	,99892	,00059	,08764	,28829	,00578	,99930	,07016	18	58,5
59	56	,08350	,24713	,08293	,99891	,00059	,08847	,28704	,00511	,99929	,07139	18	59
59,5	58	,08494	,24569	,08437	,99891	,00059	,08930	,28579	,00444	,99928	,07262	18	59,5
60	60	,08638	,24426	,08581	,99890	,00060	,09013	,28454	,00377	,99927	,07385	18	60

5' 48" - 5' 50"
87° - 87° 30'

3°. 3'30"
0' 12" 0' 14"

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRIA

derajat	menit	Log. Sinus Versus	Log. Cosus	Log. Sinus	Log. Cosinus	Log. Secans	Log. Tang.	Log. Cotang.	Nilai Sinus	Nilai Cosinus	Log. Sinus Versus	menit	derajat
derajat	waktu											waktu	derajat
48	0	9,9987	0,0013	0,9987	0,0013	10,0000	0,0000	10,0000	0,9987	0,0013	0,0013	48	0
48	1	9,9986	0,0014	0,9986	0,0014	10,0000	0,0000	10,0000	0,9986	0,0014	0,0014	48	1
48	2	9,9985	0,0015	0,9985	0,0015	10,0000	0,0000	10,0000	0,9985	0,0015	0,0015	48	2
48	3	9,9984	0,0016	0,9984	0,0016	10,0000	0,0000	10,0000	0,9984	0,0016	0,0016	48	3
48	4	9,9983	0,0017	0,9983	0,0017	10,0000	0,0000	10,0000	0,9983	0,0017	0,0017	48	4
48	5	9,9982	0,0018	0,9982	0,0018	10,0000	0,0000	10,0000	0,9982	0,0018	0,0018	48	5
48	6	9,9981	0,0019	0,9981	0,0019	10,0000	0,0000	10,0000	0,9981	0,0019	0,0019	48	6
48	7	9,9980	0,0020	0,9980	0,0020	10,0000	0,0000	10,0000	0,9980	0,0020	0,0020	48	7
48	8	9,9979	0,0021	0,9979	0,0021	10,0000	0,0000	10,0000	0,9979	0,0021	0,0021	48	8
48	9	9,9978	0,0022	0,9978	0,0022	10,0000	0,0000	10,0000	0,9978	0,0022	0,0022	48	9
48	10	9,9977	0,0023	0,9977	0,0023	10,0000	0,0000	10,0000	0,9977	0,0023	0,0023	48	10
48	11	9,9976	0,0024	0,9976	0,0024	10,0000	0,0000	10,0000	0,9976	0,0024	0,0024	48	11
48	12	9,9975	0,0025	0,9975	0,0025	10,0000	0,0000	10,0000	0,9975	0,0025	0,0025	48	12
48	13	9,9974	0,0026	0,9974	0,0026	10,0000	0,0000	10,0000	0,9974	0,0026	0,0026	48	13
48	14	9,9973	0,0027	0,9973	0,0027	10,0000	0,0000	10,0000	0,9973	0,0027	0,0027	48	14
48	15	9,9972	0,0028	0,9972	0,0028	10,0000	0,0000	10,0000	0,9972	0,0028	0,0028	48	15
48	16	9,9971	0,0029	0,9971	0,0029	10,0000	0,0000	10,0000	0,9971	0,0029	0,0029	48	16
48	17	9,9970	0,0030	0,9970	0,0030	10,0000	0,0000	10,0000	0,9970	0,0030	0,0030	48	17
48	18	9,9969	0,0031	0,9969	0,0031	10,0000	0,0000	10,0000	0,9969	0,0031	0,0031	48	18
48	19	9,9968	0,0032	0,9968	0,0032	10,0000	0,0000	10,0000	0,9968	0,0032	0,0032	48	19
48	20	9,9967	0,0033	0,9967	0,0033	10,0000	0,0000	10,0000	0,9967	0,0033	0,0033	48	20
48	21	9,9966	0,0034	0,9966	0,0034	10,0000	0,0000	10,0000	0,9966	0,0034	0,0034	48	21
48	22	9,9965	0,0035	0,9965	0,0035	10,0000	0,0000	10,0000	0,9965	0,0035	0,0035	48	22
48	23	9,9964	0,0036	0,9964	0,0036	10,0000	0,0000	10,0000	0,9964	0,0036	0,0036	48	23
48	24	9,9963	0,0037	0,9963	0,0037	10,0000	0,0000	10,0000	0,9963	0,0037	0,0037	48	24
48	25	9,9962	0,0038	0,9962	0,0038	10,0000	0,0000	10,0000	0,9962	0,0038	0,0038	48	25
48	26	9,9961	0,0039	0,9961	0,0039	10,0000	0,0000	10,0000	0,9961	0,0039	0,0039	48	26
48	27	9,9960	0,0040	0,9960	0,0040	10,0000	0,0000	10,0000	0,9960	0,0040	0,0040	48	27
48	28	9,9959	0,0041	0,9959	0,0041	10,0000	0,0000	10,0000	0,9959	0,0041	0,0041	48	28
48	29	9,9958	0,0042	0,9958	0,0042	10,0000	0,0000	10,0000	0,9958	0,0042	0,0042	48	29
48	30	9,9957	0,0043	0,9957	0,0043	10,0000	0,0000	10,0000	0,9957	0,0043	0,0043	48	30
48	31	9,9956	0,0044	0,9956	0,0044	10,0000	0,0000	10,0000	0,9956	0,0044	0,0044	48	31
48	32	9,9955	0,0045	0,9955	0,0045	10,0000	0,0000	10,0000	0,9955	0,0045	0,0045	48	32
48	33	9,9954	0,0046	0,9954	0,0046	10,0000	0,0000	10,0000	0,9954	0,0046	0,0046	48	33
48	34	9,9953	0,0047	0,9953	0,0047	10,0000	0,0000	10,0000	0,9953	0,0047	0,0047	48	34
48	35	9,9952	0,0048	0,9952	0,0048	10,0000	0,0000	10,0000	0,9952	0,0048	0,0048	48	35
48	36	9,9951	0,0049	0,9951	0,0049	10,0000	0,0000	10,0000	0,9951	0,0049	0,0049	48	36
48	37	9,9950	0,0050	0,9950	0,0050	10,0000	0,0000	10,0000	0,9950	0,0050	0,0050	48	37
48	38	9,9949	0,0051	0,9949	0,0051	10,0000	0,0000	10,0000	0,9949	0,0051	0,0051	48	38
48	39	9,9948	0,0052	0,9948	0,0052	10,0000	0,0000	10,0000	0,9948	0,0052	0,0052	48	39
48	40	9,9947	0,0053	0,9947	0,0053	10,0000	0,0000	10,0000	0,9947	0,0053	0,0053	48	40
48	41	9,9946	0,0054	0,9946	0,0054	10,0000	0,0000	10,0000	0,9946	0,0054	0,0054	48	41
48	42	9,9945	0,0055	0,9945	0,0055	10,0000	0,0000	10,0000	0,9945	0,0055	0,0055	48	42
48	43	9,9944	0,0056	0,9944	0,0056	10,0000	0,0000	10,0000	0,9944	0,0056	0,0056	48	43
48	44	9,9943	0,0057	0,9943	0,0057	10,0000	0,0000	10,0000	0,9943	0,0057	0,0057	48	44
48	45	9,9942	0,0058	0,9942	0,0058	10,0000	0,0000	10,0000	0,9942	0,0058	0,0058	48	45
48	46	9,9941	0,0059	0,9941	0,0059	10,0000	0,0000	10,0000	0,9941	0,0059	0,0059	48	46
48	47	9,9940	0,0060	0,9940	0,0060	10,0000	0,0000	10,0000	0,9940	0,0060	0,0060	48	47
48	48	9,9939	0,0061	0,9939	0,0061	10,0000	0,0000	10,0000	0,9939	0,0061	0,0061	48	48
48	49	9,9938	0,0062	0,9938	0,0062	10,0000	0,0000	10,0000	0,9938	0,0062	0,0062	48	49
48	50	9,9937	0,0063	0,9937	0,0063	10,0000	0,0000	10,0000	0,9937	0,0063	0,0063	48	50
48	51	9,9936	0,0064	0,9936	0,0064	10,0000	0,0000	10,0000	0,9936	0,0064	0,0064	48	51
48	52	9,9935	0,0065	0,9935	0,0065	10,0000	0,0000	10,0000	0,9935	0,0065	0,0065	48	52
48	53	9,9934	0,0066	0,9934	0,0066	10,0000	0,0000	10,0000	0,9934	0,0066	0,0066	48	53
48	54	9,9933	0,0067	0,9933	0,0067	10,0000	0,0000	10,0000	0,9933	0,0067	0,0067	48	54
48	55	9,9932	0,0068	0,9932	0,0068	10,0000	0,0000	10,0000	0,9932	0,0068	0,0068	48	55
48	56	9,9931	0,0069	0,9931	0,0069	10,0000	0,0000	10,0000	0,9931	0,0069	0,0069	48	56
48	57	9,9930	0,0070	0,9930	0,0070	10,0000	0,0000	10,0000	0,9930	0,0070	0,0070	48	57
48	58	9,9929	0,0071	0,9929	0,0071	10,0000	0,0000	10,0000	0,9929	0,0071	0,0071	48	58
48	59	9,9928	0,0072	0,9928	0,0072	10,0000	0,0000	10,0000	0,9928	0,0072	0,0072	48	59
48	60	9,9927	0,0073	0,9927	0,0073	10,0000	0,0000	10,0000	0,9927	0,0073	0,0073	48	60

5'46" 5'48"
86'30" - 87°

3° 30' - 4°
0' 14" - 0' 16"

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN
LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRA

derajat	menit	Log. Sinus	Log. Cosinus	Log. Sinus	Log. Cosinus	Log. Secans	Log. Tang.	Log. Cotang.	Nilai Sinus	Nilai Cosinus	derajat	menit	
hour	waktu	Veritas	Coma.	Sinus	Cosin.	Secans	Tang.	Cotang.	Sinus	Cosin.	hour	waktu	
39	54	7.27773	11.24434	8.78968	9.99919	10.00081	8.78968	11.24434	0.66025	0.99919	0.27773	40	30
39.5	0	7.27779	11.24429	8.78971	9.99918	10.00082	8.78971	11.24429	0.66026	0.99918	0.27779	35	30.5
40	0	7.27785	11.24425	8.78974	9.99917	10.00083	8.78974	11.24425	0.66027	0.99917	0.27785	30	31
40.5	0	7.27791	11.24421	8.78977	9.99916	10.00084	8.78977	11.24421	0.66028	0.99916	0.27791	25	31.5
41	0	7.27797	11.24417	8.78980	9.99915	10.00085	8.78980	11.24417	0.66029	0.99915	0.27797	20	32
41.5	10	7.27803	11.24413	8.78983	9.99914	10.00086	8.78983	11.24413	0.66030	0.99914	0.27803	15	32.5
42	10	7.27809	11.24409	8.78986	9.99913	10.00087	8.78986	11.24409	0.66031	0.99913	0.27809	10	33
42.5	10	7.27815	11.24405	8.78989	9.99912	10.00088	8.78989	11.24405	0.66032	0.99912	0.27815	5	33.5
43	10	7.27821	11.24401	8.78992	9.99911	10.00089	8.78992	11.24401	0.66033	0.99911	0.27821	0	34
43.5	10	7.27827	11.24397	8.78995	9.99910	10.00090	8.78995	11.24397	0.66034	0.99910	0.27827	35	34.5
44	10	7.27833	11.24393	8.78998	9.99909	10.00091	8.78998	11.24393	0.66035	0.99909	0.27833	30	35
44.5	10	7.27839	11.24389	8.78999	9.99908	10.00092	8.78999	11.24389	0.66036	0.99908	0.27839	25	35.5
45	10	7.27845	11.24385	8.79002	9.99907	10.00093	8.79002	11.24385	0.66037	0.99907	0.27845	20	36
45.5	10	7.27851	11.24381	8.79005	9.99906	10.00094	8.79005	11.24381	0.66038	0.99906	0.27851	15	36.5
46	10	7.27857	11.24377	8.79008	9.99905	10.00095	8.79008	11.24377	0.66039	0.99905	0.27857	10	37
46.5	10	7.27863	11.24373	8.79011	9.99904	10.00096	8.79011	11.24373	0.66040	0.99904	0.27863	5	37.5
47	10	7.27869	11.24369	8.79014	9.99903	10.00097	8.79014	11.24369	0.66041	0.99903	0.27869	0	38
47.5	10	7.27875	11.24365	8.79017	9.99902	10.00098	8.79017	11.24365	0.66042	0.99902	0.27875	35	38.5
48	10	7.27881	11.24361	8.79020	9.99901	10.00099	8.79020	11.24361	0.66043	0.99901	0.27881	30	39
48.5	10	7.27887	11.24357	8.79023	9.99900	10.00100	8.79023	11.24357	0.66044	0.99900	0.27887	25	39.5
49	10	7.27893	11.24353	8.79026	9.99899	10.00101	8.79026	11.24353	0.66045	0.99899	0.27893	20	40
49.5	10	7.27899	11.24349	8.79029	9.99898	10.00102	8.79029	11.24349	0.66046	0.99898	0.27899	15	40.5
50	10	7.27905	11.24345	8.79032	9.99897	10.00103	8.79032	11.24345	0.66047	0.99897	0.27905	10	41
50.5	10	7.27911	11.24341	8.79035	9.99896	10.00104	8.79035	11.24341	0.66048	0.99896	0.27911	5	41.5
51	10	7.27917	11.24337	8.79038	9.99895	10.00105	8.79038	11.24337	0.66049	0.99895	0.27917	0	42
51.5	10	7.27923	11.24333	8.79041	9.99894	10.00106	8.79041	11.24333	0.66050	0.99894	0.27923	35	42.5
52	10	7.27929	11.24329	8.79044	9.99893	10.00107	8.79044	11.24329	0.66051	0.99893	0.27929	30	43
52.5	10	7.27935	11.24325	8.79047	9.99892	10.00108	8.79047	11.24325	0.66052	0.99892	0.27935	25	43.5
53	10	7.27941	11.24321	8.79050	9.99891	10.00109	8.79050	11.24321	0.66053	0.99891	0.27941	20	44
53.5	10	7.27947	11.24317	8.79053	9.99890	10.00110	8.79053	11.24317	0.66054	0.99890	0.27947	15	44.5
54	10	7.27953	11.24313	8.79056	9.99889	10.00111	8.79056	11.24313	0.66055	0.99889	0.27953	10	45
54.5	10	7.27959	11.24309	8.79059	9.99888	10.00112	8.79059	11.24309	0.66056	0.99888	0.27959	5	45.5
55	10	7.27965	11.24305	8.79062	9.99887	10.00113	8.79062	11.24305	0.66057	0.99887	0.27965	0	46
55.5	10	7.27971	11.24301	8.79065	9.99886	10.00114	8.79065	11.24301	0.66058	0.99886	0.27971	35	46.5
56	10	7.27977	11.24297	8.79068	9.99885	10.00115	8.79068	11.24297	0.66059	0.99885	0.27977	30	47
56.5	10	7.27983	11.24293	8.79071	9.99884	10.00116	8.79071	11.24293	0.66060	0.99884	0.27983	25	47.5
57	10	7.27989	11.24289	8.79074	9.99883	10.00117	8.79074	11.24289	0.66061	0.99883	0.27989	20	48
57.5	10	7.27995	11.24285	8.79077	9.99882	10.00118	8.79077	11.24285	0.66062	0.99882	0.27995	15	48.5
58	10	7.27999	11.24281	8.79080	9.99881	10.00119	8.79080	11.24281	0.66063	0.99881	0.27999	10	49
58.5	10	7.28005	11.24277	8.79083	9.99880	10.00120	8.79083	11.24277	0.66064	0.99880	0.28005	5	49.5
59	10	7.28011	11.24273	8.79086	9.99879	10.00121	8.79086	11.24273	0.66065	0.99879	0.28011	0	50
59.5	10	7.28017	11.24269	8.79089	9.99878	10.00122	8.79089	11.24269	0.66066	0.99878	0.28017	35	50.5
60	10	7.28023	11.24265	8.79092	9.99877	10.00123	8.79092	11.24265	0.66067	0.99877	0.28023	30	51

5' 44" - 5' 46"
86° - 86° 30'

11° - 11° 30'
0' 44" - 0' 46"

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRA

derajat	m. d. waktu	Log. Sinus Versus	Log. Cosec.	Log. Sinus	Log. Cosin	Log. Secans	Log. Tang.	Log. Cotang.	Nilai Sinus	Nilai Cosin	Log. Sinus Versus	m. d. waktu	derajat
0	44	8,36418	10,73940	9,28080	9,99181	10,00819	9,28815	10,71235	0,19684	0,98015	9,28015	10	40
0,5	3	,00483	,71908	,28098	,99183	,00817	,28819	,71211	,19685	,98014	,00482	11	39,5
1	4	,00967	,71813	,28125	,99182	,00818	,28823	,71067	,19686	,98013	,00966	12	39
1,5	5	,01451	,71718	,28152	,99181	,00819	,28826	,70924	,19687	,98012	,01450	13	38,5
2	6	,01935	,71623	,28179	,99180	,00820	,28830	,70781	,19688	,98011	,01934	14	38
2,5	7	,02419	,71528	,28206	,99179	,00821	,28833	,70638	,19689	,98010	,02418	15	37,5
3	8	,02903	,71433	,28233	,99178	,00822	,28837	,70495	,19690	,98009	,02902	16	37
3,5	9	,03387	,71338	,28260	,99177	,00823	,28840	,70352	,19691	,98008	,03386	17	36,5
4	10	,03871	,71243	,28287	,99176	,00824	,28844	,70209	,19692	,98007	,03870	18	36
4,5	11	,04355	,71148	,28314	,99175	,00825	,28847	,70066	,19693	,98006	,04354	19	35,5
5	12	,04839	,71053	,28341	,99174	,00826	,28851	,69923	,19694	,98005	,04838	20	35
5,5	13	,05323	,70958	,28368	,99173	,00827	,28854	,69780	,19695	,98004	,05322	21	34,5
6	14	,05807	,70863	,28395	,99172	,00828	,28858	,69637	,19696	,98003	,05806	22	34
6,5	15	,06291	,70768	,28422	,99171	,00829	,28861	,69494	,19697	,98002	,06290	23	33,5
7	16	,06775	,70673	,28449	,99170	,00830	,28865	,69351	,19698	,98001	,06774	24	33
7,5	17	,07259	,70578	,28476	,99169	,00831	,28868	,69208	,19699	,98000	,07258	25	32,5
8	18	,07743	,70483	,28503	,99168	,00832	,28872	,69065	,19700	,97999	,07742	26	32
8,5	19	,08227	,70388	,28530	,99167	,00833	,28875	,68922	,19701	,97998	,08226	27	31,5
9	20	,08711	,70293	,28557	,99166	,00834	,28879	,68779	,19702	,97997	,08710	28	31
9,5	21	,09195	,70198	,28584	,99165	,00835	,28882	,68636	,19703	,97996	,09194	29	30,5
10	22	,09679	,70103	,28611	,99164	,00836	,28886	,68493	,19704	,97995	,09678	30	30
10,5	23	,10163	,70008	,28638	,99163	,00837	,28889	,68350	,19705	,97994	,10162	31	29,5
11	24	,10647	,69913	,28665	,99162	,00838	,28893	,68207	,19706	,97993	,10646	32	29
11,5	25	,11131	,69818	,28692	,99161	,00839	,28896	,68064	,19707	,97992	,11130	33	28,5
12	26	,11615	,69723	,28719	,99160	,00840	,28900	,67921	,19708	,97991	,11614	34	28
12,5	27	,12099	,69628	,28746	,99159	,00841	,28903	,67778	,19709	,97990	,12098	35	27,5
13	28	,12583	,69533	,28773	,99158	,00842	,28907	,67635	,19710	,97989	,12582	36	27
13,5	29	,13067	,69438	,28800	,99157	,00843	,28910	,67492	,19711	,97988	,13066	37	26,5
14	30	,13551	,69343	,28827	,99156	,00844	,28914	,67349	,19712	,97987	,13550	38	26
14,5	31	,14035	,69248	,28854	,99155	,00845	,28917	,67206	,19713	,97986	,14034	39	25,5
15	32	,14519	,69153	,28881	,99154	,00846	,28921	,67063	,19714	,97985	,14518	40	25
15,5	33	,15003	,69058	,28908	,99153	,00847	,28924	,66920	,19715	,97984	,15002	41	24,5
16	34	,15487	,68963	,28935	,99152	,00848	,28928	,66777	,19716	,97983	,15486	42	24
16,5	35	,15971	,68868	,28962	,99151	,00849	,28931	,66634	,19717	,97982	,15970	43	23,5
17	36	,16455	,68773	,28989	,99150	,00850	,28935	,66491	,19718	,97981	,16454	44	23
17,5	37	,16939	,68678	,29016	,99149	,00851	,28938	,66348	,19719	,97980	,16938	45	22,5
18	38	,17423	,68583	,29043	,99148	,00852	,28942	,66205	,19720	,97979	,17422	46	22
18,5	39	,17907	,68488	,29070	,99147	,00853	,28945	,66062	,19721	,97978	,17906	47	21,5
19	40	,18391	,68393	,29097	,99146	,00854	,28949	,65919	,19722	,97977	,18390	48	21
19,5	41	,18875	,68298	,29124	,99145	,00855	,28952	,65776	,19723	,97976	,18874	49	20,5
20	42	,19359	,68203	,29151	,99144	,00856	,28956	,65633	,19724	,97975	,19358	50	20
20,5	43	,19843	,68108	,29178	,99143	,00857	,28959	,65490	,19725	,97974	,19842	51	19,5
21	44	,20327	,68013	,29205	,99142	,00858	,28963	,65347	,19726	,97973	,20326	52	19
21,5	45	,20811	,67918	,29232	,99141	,00859	,28966	,65204	,19727	,97972	,20810	53	18,5
22	46	,21295	,67823	,29259	,99140	,00860	,28970	,65061	,19728	,97971	,21294	54	18
22,5	47	,21779	,67728	,29286	,99139	,00861	,28973	,64918	,19729	,97970	,21778	55	17,5
23	48	,22263	,67633	,29313	,99138	,00862	,28977	,64775	,19730	,97969	,22262	56	17
23,5	49	,22747	,67538	,29340	,99137	,00863	,28980	,64632	,19731	,97968	,22746	57	16,5
24	50	,23231	,67443	,29367	,99136	,00864	,28984	,64489	,19732	,97967	,23230	58	16
24,5	51	,23715	,67348	,29394	,99135	,00865	,28987	,64346	,19733	,97966	,23714	59	15,5
25	52	,24199	,67253	,29421	,99134	,00866	,28991	,64203	,19734	,97965	,24198	60	15
25,5	53	,24683	,67158	,29448	,99133	,00867	,28994	,64060	,19735	,97964	,24682	61	14,5
26	54	,25167	,67063	,29475	,99132	,00868	,28998	,63917	,19736	,97963	,25166	62	14
26,5	55	,25651	,66968	,29502	,99131	,00869	,29001	,63774	,19737	,97962	,25650	63	13,5
27	56	,26135	,66873	,29529	,99130	,00870	,29005	,63631	,19738	,97961	,26134	64	13
27,5	57	,26619	,66778	,29556	,99129	,00871	,29008	,63488	,19739	,97960	,26618	65	12,5
28	58	,27103	,66683	,29583	,99128	,00872	,29012	,63345	,19740	,97959	,27102	66	12
28,5	59	,27587	,66588	,29610	,99127	,00873	,29015	,63202	,19741	,97958	,27586	67	11,5
29	60	,28071	,66493	,29637	,99126	,00874	,29019	,63059	,19742	,97957	,28070	68	11
29,5	61	,28555	,66398	,29664	,99125	,00875	,29022	,62916	,19743	,97956	,28554	69	10,5
30	62	,29039	,66303	,29691	,99124	,00876	,29026	,62773	,19744	,97955	,29038	70	10

5' 14" - 5' 16"
78° 30' - 79°

11°30' - 12°
0'46" - 0'48"

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN
LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRA

busur	m. d. waktu	Log. Sinus Versus	Log. Cosec.	Log. Sinus.	Log. Cosin.	Log. Secans.	Log. Tang.	Log. Cotang.	Nilai Sinus.	Nilai Cosin.	m. d. waktu	busur
36	46	8,30284	10,70034	9,49966	9,99719	10,00281	9,52848	10,49152	0,79952	0,79952	9,99719	34
36,5	2	30279	70029	49971	99719	00281	52848	49152	79951	79951	99719	34,5
37	4	30284	69974	30026	99717	00283	52851	49149	79949	79949	99717	35
37,5	4	30289	69969	30031	99715	00285	52854	49146	79946	79946	99715	35,5
38	8	30297	69961	30039	99713	00287	52857	49143	79943	79943	99713	36
38,5	12	8,30309	69,95890	9,30191	9,99711	10,00289	9,52860	10,49140	0,79940	0,79940	9,99711	36,5
39	16	30314	69944	30046	99709	00291	52863	49137	79937	79937	99709	37
39,5	16	30319	69939	30051	99707	00293	52866	49134	79934	79934	99707	37,5
40	20	30324	69934	30056	99705	00295	52869	49131	79931	79931	99705	38
40,5	20	30329	69929	30061	99703	00297	52872	49128	79928	79928	99703	38,5
41	24	30334	69924	30066	99701	00299	52875	49125	79925	79925	99701	39
41,5	24	30339	69919	30071	99699	00301	52878	49122	79922	79922	99699	39,5
42	28	30344	69914	30076	99697	00303	52881	49119	79919	79919	99697	40
42,5	28	30349	69909	30081	99695	00305	52884	49116	79916	79916	99695	40,5
43	32	30354	69904	30086	99693	00307	52887	49113	79913	79913	99693	41
43,5	32	30359	69899	30091	99691	00309	52890	49110	79910	79910	99691	41,5
44	36	30364	69894	30096	99689	00311	52893	49107	79907	79907	99689	42
44,5	36	30369	69889	30101	99687	00313	52896	49104	79904	79904	99687	42,5
45	40	8,30374	69,88811	9,30126	9,99685	10,00315	9,52900	10,49090	0,79900	0,79900	9,99685	43
45,5	40	30379	69883	30106	99683	00317	52903	49101	79901	79901	99683	43,5
46	44	30384	69878	30111	99681	00319	52906	49098	79898	79898	99681	44
46,5	44	30389	69873	30116	99679	00321	52909	49095	79895	79895	99679	44,5
47	48	30394	69868	30121	99677	00323	52912	49092	79892	79892	99677	45
47,5	48	30399	69863	30126	99675	00325	52915	49089	79892	79892	99675	45,5
48	52	30404	69858	30131	99673	00327	52918	49086	79892	79892	99673	46
48,5	52	30409	69853	30136	99671	00329	52921	49083	79892	79892	99671	46,5
49	56	30414	69848	30141	99669	00331	52924	49080	79892	79892	99669	47
49,5	56	30419	69843	30146	99667	00333	52927	49077	79892	79892	99667	47,5
50	60	8,30424	69,83811	9,30176	9,99663	10,00337	9,52930	10,49070	0,79900	0,79900	9,99663	48
50,5	60	30429	69833	30151	99661	00339	52933	49074	79892	79892	99661	48,5
51	64	30434	69828	30156	99659	00341	52936	49071	79892	79892	99659	49
51,5	64	30439	69823	30161	99657	00343	52939	49068	79892	79892	99657	49,5
52	68	30444	69818	30166	99655	00345	52942	49065	79892	79892	99655	50
52,5	68	30449	69813	30171	99653	00347	52945	49062	79892	79892	99653	50,5
53	72	30454	69808	30176	99651	00349	52948	49059	79892	79892	99651	51
53,5	72	30459	69803	30181	99649	00351	52951	49056	79892	79892	99649	51,5
54	76	30464	69798	30186	99647	00353	52954	49053	79892	79892	99647	52
54,5	76	30469	69793	30191	99645	00355	52957	49050	79892	79892	99645	52,5
55	80	8,30474	69,78811	9,30226	9,99641	10,00359	9,52960	10,49050	0,79900	0,79900	9,99641	53
55,5	80	30479	69783	30196	99643	00357	52963	49047	79892	79892	99643	53,5
56	84	30484	69778	30201	99641	00359	52966	49044	79892	79892	99641	54
56,5	84	30489	69773	30206	99639	00361	52969	49041	79892	79892	99639	54,5
57	88	30494	69768	30211	99637	00363	52972	49038	79892	79892	99637	55
57,5	88	30499	69763	30216	99635	00365	52975	49035	79892	79892	99635	55,5
58	92	8,30504	69,73811	9,30276	9,99629	10,00371	9,52970	10,49030	0,79900	0,79900	9,99629	56
58,5	92	30509	69753	30221	99631	00367	52978	49032	79892	79892	99631	56,5
59	96	30514	69748	30226	99629	00369	52981	49029	79892	79892	99629	57
59,5	96	30519	69743	30231	99627	00371	52984	49026	79892	79892	99627	57,5
60	100	30524	69738	30236	99625	00373	52987	49023	79892	79892	99625	58

5'12" - 5'14"
78° - 78° 30'

15° - 15°30'
1' - 1' 2"

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN
LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRA

busur	m. d. waktu	Log. Sinus. Versus.	Log. Cosec.	Log. Sinus.	Log. Cosin.	Log. Secans.	Log. Tang.	Log. Cotang.	Nilai Sinus.	Nilai Cosin.	Log. Sinus. Versus.	m. d. waktu	busur
0	0	8.33343	10.28700	9.47399	9.98494	10.01306	9.42809	10.57191	0.25882	0.96993	8.55992	90	00
0.5	2	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	90	00.5
1	4	-0.00002	-0.00002	-0.00002	-0.00002	-0.00002	-0.00002	-0.00002	-0.00002	-0.00002	-0.00002	90	01
1.5	6	-0.00003	-0.00003	-0.00003	-0.00003	-0.00003	-0.00003	-0.00003	-0.00003	-0.00003	-0.00003	90	01.5
2	8	-0.00004	-0.00004	-0.00004	-0.00004	-0.00004	-0.00004	-0.00004	-0.00004	-0.00004	-0.00004	90	02
2.5	10	-0.00005	-0.00005	-0.00005	-0.00005	-0.00005	-0.00005	-0.00005	-0.00005	-0.00005	-0.00005	90	02.5
3	12	-0.00006	-0.00006	-0.00006	-0.00006	-0.00006	-0.00006	-0.00006	-0.00006	-0.00006	-0.00006	90	03
3.5	14	-0.00007	-0.00007	-0.00007	-0.00007	-0.00007	-0.00007	-0.00007	-0.00007	-0.00007	-0.00007	90	03.5
4	16	-0.00008	-0.00008	-0.00008	-0.00008	-0.00008	-0.00008	-0.00008	-0.00008	-0.00008	-0.00008	90	04
4.5	18	-0.00009	-0.00009	-0.00009	-0.00009	-0.00009	-0.00009	-0.00009	-0.00009	-0.00009	-0.00009	90	04.5
5	20	-0.00010	-0.00010	-0.00010	-0.00010	-0.00010	-0.00010	-0.00010	-0.00010	-0.00010	-0.00010	90	05
5.5	22	-0.00011	-0.00011	-0.00011	-0.00011	-0.00011	-0.00011	-0.00011	-0.00011	-0.00011	-0.00011	90	05.5
6	24	-0.00012	-0.00012	-0.00012	-0.00012	-0.00012	-0.00012	-0.00012	-0.00012	-0.00012	-0.00012	90	06
6.5	26	-0.00013	-0.00013	-0.00013	-0.00013	-0.00013	-0.00013	-0.00013	-0.00013	-0.00013	-0.00013	90	06.5
7	28	-0.00014	-0.00014	-0.00014	-0.00014	-0.00014	-0.00014	-0.00014	-0.00014	-0.00014	-0.00014	90	07
7.5	30	-0.00015	-0.00015	-0.00015	-0.00015	-0.00015	-0.00015	-0.00015	-0.00015	-0.00015	-0.00015	90	07.5
8	32	-0.00016	-0.00016	-0.00016	-0.00016	-0.00016	-0.00016	-0.00016	-0.00016	-0.00016	-0.00016	90	08
8.5	34	-0.00017	-0.00017	-0.00017	-0.00017	-0.00017	-0.00017	-0.00017	-0.00017	-0.00017	-0.00017	90	08.5
9	36	-0.00018	-0.00018	-0.00018	-0.00018	-0.00018	-0.00018	-0.00018	-0.00018	-0.00018	-0.00018	90	09
9.5	38	-0.00019	-0.00019	-0.00019	-0.00019	-0.00019	-0.00019	-0.00019	-0.00019	-0.00019	-0.00019	90	09.5
10	40	-0.00020	-0.00020	-0.00020	-0.00020	-0.00020	-0.00020	-0.00020	-0.00020	-0.00020	-0.00020	90	10
10.5	42	-0.00021	-0.00021	-0.00021	-0.00021	-0.00021	-0.00021	-0.00021	-0.00021	-0.00021	-0.00021	90	10.5
11	44	-0.00022	-0.00022	-0.00022	-0.00022	-0.00022	-0.00022	-0.00022	-0.00022	-0.00022	-0.00022	90	11
11.5	46	-0.00023	-0.00023	-0.00023	-0.00023	-0.00023	-0.00023	-0.00023	-0.00023	-0.00023	-0.00023	90	11.5
12	48	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024	-0.00024	90	12
12.5	50	-0.00025	-0.00025	-0.00025	-0.00025	-0.00025	-0.00025	-0.00025	-0.00025	-0.00025	-0.00025	90	12.5
13	52	-0.00026	-0.00026	-0.00026	-0.00026	-0.00026	-0.00026	-0.00026	-0.00026	-0.00026	-0.00026	90	13
13.5	54	-0.00027	-0.00027	-0.00027	-0.00027	-0.00027	-0.00027	-0.00027	-0.00027	-0.00027	-0.00027	90	13.5
14	56	-0.00028	-0.00028	-0.00028	-0.00028	-0.00028	-0.00028	-0.00028	-0.00028	-0.00028	-0.00028	90	14
14.5	58	-0.00029	-0.00029	-0.00029	-0.00029	-0.00029	-0.00029	-0.00029	-0.00029	-0.00029	-0.00029	90	14.5
15	60	-0.00030	-0.00030	-0.00030	-0.00030	-0.00030	-0.00030	-0.00030	-0.00030	-0.00030	-0.00030	90	15
15.5	62	-0.00031	-0.00031	-0.00031	-0.00031	-0.00031	-0.00031	-0.00031	-0.00031	-0.00031	-0.00031	90	15.5
16	64	-0.00032	-0.00032	-0.00032	-0.00032	-0.00032	-0.00032	-0.00032	-0.00032	-0.00032	-0.00032	90	16
16.5	66	-0.00033	-0.00033	-0.00033	-0.00033	-0.00033	-0.00033	-0.00033	-0.00033	-0.00033	-0.00033	90	16.5
17	68	-0.00034	-0.00034	-0.00034	-0.00034	-0.00034	-0.00034	-0.00034	-0.00034	-0.00034	-0.00034	90	17
17.5	70	-0.00035	-0.00035	-0.00035	-0.00035	-0.00035	-0.00035	-0.00035	-0.00035	-0.00035	-0.00035	90	17.5
18	72	-0.00036	-0.00036	-0.00036	-0.00036	-0.00036	-0.00036	-0.00036	-0.00036	-0.00036	-0.00036	90	18
18.5	74	-0.00037	-0.00037	-0.00037	-0.00037	-0.00037	-0.00037	-0.00037	-0.00037	-0.00037	-0.00037	90	18.5
19	76	-0.00038	-0.00038	-0.00038	-0.00038	-0.00038	-0.00038	-0.00038	-0.00038	-0.00038	-0.00038	90	19
19.5	78	-0.00039	-0.00039	-0.00039	-0.00039	-0.00039	-0.00039	-0.00039	-0.00039	-0.00039	-0.00039	90	19.5
20	80	-0.00040	-0.00040	-0.00040	-0.00040	-0.00040	-0.00040	-0.00040	-0.00040	-0.00040	-0.00040	90	20
20.5	82	-0.00041	-0.00041	-0.00041	-0.00041	-0.00041	-0.00041	-0.00041	-0.00041	-0.00041	-0.00041	90	20.5
21	84	-0.00042	-0.00042	-0.00042	-0.00042	-0.00042	-0.00042	-0.00042	-0.00042	-0.00042	-0.00042	90	21
21.5	86	-0.00043	-0.00043	-0.00043	-0.00043	-0.00043	-0.00043	-0.00043	-0.00043	-0.00043	-0.00043	90	21.5
22	88	-0.00044	-0.00044	-0.00044	-0.00044	-0.00044	-0.00044	-0.00044	-0.00044	-0.00044	-0.00044	90	22
22.5	90	-0.00045	-0.00045	-0.00045	-0.00045	-0.00045	-0.00045	-0.00045	-0.00045	-0.00045	-0.00045	90	22.5
23	92	-0.00046	-0.00046	-0.00046	-0.00046	-0.00046	-0.00046	-0.00046	-0.00046	-0.00046	-0.00046	90	23
23.5	94	-0.00047	-0.00047	-0.00047	-0.00047	-0.00047	-0.00047	-0.00047	-0.00047	-0.00047	-0.00047	90	23.5
24	96	-0.00048	-0.00048	-0.00048	-0.00048	-0.00048	-0.00048	-0.00048	-0.00048	-0.00048	-0.00048	90	24
24.5	98	-0.00049	-0.00049	-0.00049	-0.00049	-0.00049	-0.00049	-0.00049	-0.00049	-0.00049	-0.00049	90	24.5
25	100	-0.00050	-0.00050	-0.00050	-0.00050	-0.00050	-0.00050	-0.00050	-0.00050	-0.00050	-0.00050	90	25

4' 58" - 5'
74° 30' - 75°

15°30' – 16°
1/2 m – 1/4 m

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMATRA

Table with columns for angle (m d, busur waktu), Log. Sinus, Log. Cosinus, Log. Secans, Log. Tang., Log. Cotang., Nilai Sinus, Nilai Cosinus, Nilai Secans, and Log. Tang. perbandingan. It contains trigonometric data for angles from 15°30' to 16°.

41 56 m. 41 58 m
74° -- 74°30'

25° -- 25°30'
1' 40" -- 1' 42"

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN
LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRA

m d. bujur waktu	Log. Sinus Versus.	Log. Cosinus	Log. Sinus	Log. Cosinus	Log. Secans	Log. Tang.	Log. Cotang.	Nilai Sinus	Nilai Cosinus	m d. waktu	bujur
0	8.67170	10.37485	9.62195	9.95728	12.04272	9.66887	10.33123	0.42362	0.90531	20	60
0.5	8.67199	10.37494	9.62208	9.95731	12.04275	9.66894	10.33126	0.42365	0.90534	18	59.5
1	8.67227	10.37503	9.62221	9.95734	12.04278	9.66901	10.33129	0.42368	0.90537	16	59
1.5	8.67256	10.37512	9.62234	9.95737	12.04281	9.66908	10.33132	0.42371	0.90540	14	58.5
2	8.67284	10.37521	9.62247	9.95740	12.04284	9.66915	10.33135	0.42374	0.90543	12	58
2.5	8.67313	10.37530	9.62260	9.95743	12.04287	9.66922	10.33138	0.42377	0.90546	10	57.5
3	8.67341	10.37539	9.62273	9.95746	12.04290	9.66929	10.33141	0.42380	0.90549	8	57
3.5	8.67370	10.37548	9.62286	9.95749	12.04293	9.66936	10.33144	0.42383	0.90552	6	56.5
4	8.67398	10.37557	9.62299	9.95752	12.04296	9.66943	10.33147	0.42386	0.90555	4	56
4.5	8.67427	10.37566	9.62312	9.95755	12.04299	9.66950	10.33150	0.42389	0.90558	2	55.5
5	8.67455	10.37575	9.62325	9.95758	12.04302	9.66957	10.33153	0.42392	0.90561	40	55
5.5	8.67484	10.37584	9.62338	9.95761	12.04305	9.66964	10.33156	0.42395	0.90564	38	54.5
6	8.67512	10.37593	9.62351	9.95764	12.04308	9.66971	10.33159	0.42398	0.90567	36	54
6.5	8.67541	10.37602	9.62364	9.95767	12.04311	9.66978	10.33162	0.42401	0.90570	34	53.5
7	8.67569	10.37611	9.62377	9.95770	12.04314	9.66985	10.33165	0.42404	0.90573	32	53
7.5	8.67598	10.37620	9.62390	9.95773	12.04317	9.66992	10.33168	0.42407	0.90576	30	52.5
8	8.67626	10.37629	9.62403	9.95776	12.04320	9.66999	10.33171	0.42410	0.90579	28	52
8.5	8.67655	10.37638	9.62416	9.95779	12.04323	9.67006	10.33174	0.42413	0.90582	26	51.5
9	8.67683	10.37647	9.62429	9.95782	12.04326	9.67013	10.33177	0.42416	0.90585	24	51
9.5	8.67712	10.37656	9.62442	9.95785	12.04329	9.67020	10.33180	0.42419	0.90588	22	50.5
10	8.67740	10.37665	9.62455	9.95788	12.04332	9.67027	10.33183	0.42422	0.90591	20	50
10.5	8.67769	10.37674	9.62468	9.95791	12.04335	9.67034	10.33186	0.42425	0.90594	18	49.5
11	8.67797	10.37683	9.62481	9.95794	12.04338	9.67041	10.33189	0.42428	0.90597	16	49
11.5	8.67826	10.37692	9.62494	9.95797	12.04341	9.67048	10.33192	0.42431	0.90600	14	48.5
12	8.67854	10.37701	9.62507	9.95800	12.04344	9.67055	10.33195	0.42434	0.90603	12	48
12.5	8.67883	10.37710	9.62520	9.95803	12.04347	9.67062	10.33198	0.42437	0.90606	10	47.5
13	8.67911	10.37719	9.62533	9.95806	12.04350	9.67069	10.33201	0.42440	0.90609	8	47
13.5	8.67940	10.37728	9.62546	9.95809	12.04353	9.67076	10.33204	0.42443	0.90612	6	46.5
14	8.67968	10.37737	9.62559	9.95812	12.04356	9.67083	10.33207	0.42446	0.90615	4	46
14.5	8.67997	10.37746	9.62572	9.95815	12.04359	9.67090	10.33210	0.42449	0.90618	2	45.5
15	8.68025	10.37755	9.62585	9.95818	12.04362	9.67097	10.33213	0.42452	0.90621	40	45
15.5	8.68054	10.37764	9.62598	9.95821	12.04365	9.67104	10.33216	0.42455	0.90624	38	44.5
16	8.68082	10.37773	9.62611	9.95824	12.04368	9.67111	10.33219	0.42458	0.90627	36	44
16.5	8.68111	10.37782	9.62624	9.95827	12.04371	9.67118	10.33222	0.42461	0.90630	34	43.5
17	8.68139	10.37791	9.62637	9.95830	12.04374	9.67125	10.33225	0.42464	0.90633	32	43
17.5	8.68168	10.37800	9.62650	9.95833	12.04377	9.67132	10.33228	0.42467	0.90636	30	42.5
18	8.68196	10.37809	9.62663	9.95836	12.04380	9.67139	10.33231	0.42470	0.90639	28	42
18.5	8.68225	10.37818	9.62676	9.95839	12.04383	9.67146	10.33234	0.42473	0.90642	26	41.5
19	8.68253	10.37827	9.62689	9.95842	12.04386	9.67153	10.33237	0.42476	0.90645	24	41
19.5	8.68282	10.37836	9.62702	9.95845	12.04389	9.67160	10.33240	0.42479	0.90648	22	40.5
20	8.68310	10.37845	9.62715	9.95848	12.04392	9.67167	10.33243	0.42482	0.90651	40	40
20.5	8.68339	10.37854	9.62728	9.95851	12.04395	9.67174	10.33246	0.42485	0.90654	38	39.5
21	8.68367	10.37863	9.62741	9.95854	12.04398	9.67181	10.33249	0.42488	0.90657	36	39
21.5	8.68396	10.37872	9.62754	9.95857	12.04401	9.67188	10.33252	0.42491	0.90660	34	38.5
22	8.68424	10.37881	9.62767	9.95860	12.04404	9.67195	10.33255	0.42494	0.90663	32	38
22.5	8.68453	10.37890	9.62780	9.95863	12.04407	9.67202	10.33258	0.42497	0.90666	30	37.5
23	8.68481	10.37899	9.62793	9.95866	12.04410	9.67209	10.33261	0.42500	0.90669	28	37
23.5	8.68510	10.37908	9.62806	9.95869	12.04413	9.67216	10.33264	0.42503	0.90672	26	36.5
24	8.68538	10.37917	9.62819	9.95872	12.04416	9.67223	10.33267	0.42506	0.90675	24	36
24.5	8.68567	10.37926	9.62832	9.95875	12.04419	9.67230	10.33270	0.42509	0.90678	22	35.5
25	8.68595	10.37935	9.62845	9.95878	12.04422	9.67237	10.33273	0.42512	0.90681	40	35
25.5	8.68624	10.37944	9.62858	9.95881	12.04425	9.67244	10.33276	0.42515	0.90684	38	34.5
26	8.68652	10.37953	9.62871	9.95884	12.04428	9.67251	10.33279	0.42518	0.90687	36	34
26.5	8.68681	10.37962	9.62884	9.95887	12.04431	9.67258	10.33282	0.42521	0.90690	34	33.5
27	8.68709	10.37971	9.62897	9.95890	12.04434	9.67265	10.33285	0.42524	0.90693	32	33
27.5	8.68738	10.37980	9.62910	9.95893	12.04437	9.67272	10.33288	0.42527	0.90696	30	32.5
28	8.68766	10.37989	9.62923	9.95896	12.04440	9.67279	10.33291	0.42530	0.90699	28	32
28.5	8.68795	10.37998	9.62936	9.95899	12.04443	9.67286	10.33294	0.42533	0.90702	26	31.5
29	8.68823	10.38007	9.62949	9.95902	12.04446	9.67293	10.33297	0.42536	0.90705	24	31
29.5	8.68852	10.38016	9.62962	9.95905	12.04449	9.67300	10.33300	0.42539	0.90708	22	30.5
30	8.68880	10.38025	9.62975	9.95908	12.04452	9.67307	10.33303	0.42542	0.90711	20	30

41 18^m. 41 20^m
64°30' -- 65°

25° - 25° 30'
1' 40" - 1' 42"

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRA

	m d.	Log. Sinus Versus.	Log. Coset.	Log. Sims.	Log. Cosm.	Log. Secans.	Log. Tang.	Log. Cotang.	Nilai Sinus.	Nilai Cosin.		m d.	
busur	waktu											waktu	busur
40	40	9.7176	10.27605	9.52505	9.47495	10.02272	9.88807	10.21133	9.42684	0.96231	9.53769	20	60
40	1	9.7189	10.2758	9.52512	9.47488	10.02277	9.88812	10.21126	9.42691	0.96236	9.53764	19	59
40	2	9.7202	10.2756	9.52519	9.47481	10.02282	9.88817	10.21119	9.42698	0.96241	9.53759	18	58
40	3	9.7215	10.2754	9.52526	9.47474	10.02287	9.88822	10.21112	9.42705	0.96246	9.53754	17	57
40	4	9.7228	10.2752	9.52533	9.47467	10.02292	9.88827	10.21105	9.42712	0.96251	9.53749	16	56
40	5	9.7241	10.2750	9.52540	9.47460	10.02297	9.88832	10.21098	9.42719	0.96256	9.53744	15	55
40	6	9.7254	10.2748	9.52547	9.47453	10.02302	9.88837	10.21091	9.42726	0.96261	9.53739	14	54
40	7	9.7267	10.2746	9.52554	9.47446	10.02307	9.88842	10.21084	9.42733	0.96266	9.53734	13	53
40	8	9.7280	10.2744	9.52561	9.47439	10.02312	9.88847	10.21077	9.42740	0.96271	9.53729	12	52
40	9	9.7293	10.2742	9.52568	9.47432	10.02317	9.88852	10.21070	9.42747	0.96276	9.53724	11	51
40	10	9.7306	10.2740	9.52575	9.47425	10.02322	9.88857	10.21063	9.42754	0.96281	9.53719	10	50
40	11	9.7319	10.2738	9.52582	9.47418	10.02327	9.88862	10.21056	9.42761	0.96286	9.53714	9	49
40	12	9.7332	10.2736	9.52589	9.47411	10.02332	9.88867	10.21049	9.42768	0.96291	9.53709	8	48
40	13	9.7345	10.2734	9.52596	9.47404	10.02337	9.88872	10.21042	9.42775	0.96296	9.53704	7	47
40	14	9.7358	10.2732	9.52603	9.47397	10.02342	9.88877	10.21035	9.42782	0.96301	9.53699	6	46
40	15	9.7371	10.2730	9.52610	9.47390	10.02347	9.88882	10.21028	9.42789	0.96306	9.53694	5	45
40	16	9.7384	10.2728	9.52617	9.47383	10.02352	9.88887	10.21021	9.42796	0.96311	9.53689	4	44
40	17	9.7397	10.2726	9.52624	9.47376	10.02357	9.88892	10.21014	9.42803	0.96316	9.53684	3	43
40	18	9.7410	10.2724	9.52631	9.47369	10.02362	9.88897	10.21007	9.42810	0.96321	9.53679	2	42
40	19	9.7423	10.2722	9.52638	9.47362	10.02367	9.88902	10.21000	9.42817	0.96326	9.53674	1	41
40	20	9.7436	10.2720	9.52645	9.47355	10.02372	9.88907	10.20993	9.42824	0.96331	9.53669	0	40
40	21	9.7449	10.2718	9.52652	9.47348	10.02377	9.88912	10.20986	9.42831	0.96336	9.53664	0	39
40	22	9.7462	10.2716	9.52659	9.47341	10.02382	9.88917	10.20979	9.42838	0.96341	9.53659	0	38
40	23	9.7475	10.2714	9.52666	9.47334	10.02387	9.88922	10.20972	9.42845	0.96346	9.53654	0	37
40	24	9.7488	10.2712	9.52673	9.47327	10.02392	9.88927	10.20965	9.42852	0.96351	9.53649	0	36
40	25	9.7501	10.2710	9.52680	9.47320	10.02397	9.88932	10.20958	9.42859	0.96356	9.53644	0	35
40	26	9.7514	10.2708	9.52687	9.47313	10.02402	9.88937	10.20951	9.42866	0.96361	9.53639	0	34
40	27	9.7527	10.2706	9.52694	9.47306	10.02407	9.88942	10.20944	9.42873	0.96366	9.53634	0	33
40	28	9.7540	10.2704	9.52701	9.47299	10.02412	9.88947	10.20937	9.42880	0.96371	9.53629	0	32
40	29	9.7553	10.2702	9.52708	9.47292	10.02417	9.88952	10.20930	9.42887	0.96376	9.53624	0	31
40	30	9.7566	10.2700	9.52715	9.47285	10.02422	9.88957	10.20923	9.42894	0.96381	9.53619	0	30
40	31	9.7579	10.2698	9.52722	9.47278	10.02427	9.88962	10.20916	9.42901	0.96386	9.53614	0	29
40	32	9.7592	10.2696	9.52729	9.47271	10.02432	9.88967	10.20909	9.42908	0.96391	9.53609	0	28
40	33	9.7605	10.2694	9.52736	9.47264	10.02437	9.88972	10.20902	9.42915	0.96396	9.53604	0	27
40	34	9.7618	10.2692	9.52743	9.47257	10.02442	9.88977	10.20895	9.42922	0.96401	9.53599	0	26
40	35	9.7631	10.2690	9.52750	9.47250	10.02447	9.88982	10.20888	9.42929	0.96406	9.53594	0	25
40	36	9.7644	10.2688	9.52757	9.47243	10.02452	9.88987	10.20881	9.42936	0.96411	9.53589	0	24
40	37	9.7657	10.2686	9.52764	9.47236	10.02457	9.88992	10.20874	9.42943	0.96416	9.53584	0	23
40	38	9.7670	10.2684	9.52771	9.47229	10.02462	9.88997	10.20867	9.42950	0.96421	9.53579	0	22
40	39	9.7683	10.2682	9.52778	9.47222	10.02467	9.89002	10.20860	9.42957	0.96426	9.53574	0	21
40	40	9.7696	10.2680	9.52785	9.47215	10.02472	9.89007	10.20853	9.42964	0.96431	9.53569	0	20
40	41	9.7709	10.2678	9.52792	9.47208	10.02477	9.89012	10.20846	9.42971	0.96436	9.53564	0	19
40	42	9.7722	10.2676	9.52799	9.47201	10.02482	9.89017	10.20839	9.42978	0.96441	9.53559	0	18
40	43	9.7735	10.2674	9.52806	9.47194	10.02487	9.89022	10.20832	9.42985	0.96446	9.53554	0	17
40	44	9.7748	10.2672	9.52813	9.47187	10.02492	9.89027	10.20825	9.42992	0.96451	9.53549	0	16
40	45	9.7761	10.2670	9.52820	9.47180	10.02497	9.89032	10.20818	9.42999	0.96456	9.53544	0	15
40	46	9.7774	10.2668	9.52827	9.47173	10.02502	9.89037	10.20811	9.43006	0.96461	9.53539	0	14
40	47	9.7787	10.2666	9.52834	9.47166	10.02507	9.89042	10.20804	9.43013	0.96466	9.53534	0	13
40	48	9.7800	10.2664	9.52841	9.47159	10.02512	9.89047	10.20797	9.43020	0.96471	9.53529	0	12
40	49	9.7813	10.2662	9.52848	9.47152	10.02517	9.89052	10.20790	9.43027	0.96476	9.53524	0	11
40	50	9.7826	10.2660	9.52855	9.47145	10.02522	9.89057	10.20783	9.43034	0.96481	9.53519	0	10

41 18" - 41 20"
64° 30' - 65°

25° 30' -- 26°
1' 42" -- 1' 44"

DAFTAR VIII -- NILAI SINUS DAN COSINUS DAN
LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRA

derajat	m d	Log. Sinus Versus	Log. Cossec	Log. Sinus	Log. Cosin	Log. Secans	Log. Tang	Log. Cotang	Nilai Sinus	Nilai Cosin	Log. Sinus Versus	m d	derajat
25	42	9,9884	10,3980	9,9399	9,9549	10,0445	9,8730	10,3410	0,4301	0,9099	9,7349	18	30
30,5	1	9,9886	10,3982	9,9401	9,9551	10,0447	9,8732	10,3412	0,4303	0,9097	9,7351	19	29,5
31	4	9,9888	10,3984	9,9403	9,9553	10,0449	9,8734	10,3414	0,4305	0,9095	9,7353	20	29
31,5	8	9,9890	10,3986	9,9405	9,9555	10,0451	9,8736	10,3416	0,4307	0,9093	9,7355	21	28,5
32	11	9,9892	10,3988	9,9407	9,9557	10,0453	9,8738	10,3418	0,4309	0,9091	9,7357	22	28
32,5	15	9,9894	10,3990	9,9409	9,9559	10,0455	9,8740	10,3420	0,4311	0,9089	9,7359	23	27,5
33	18	9,9896	10,3992	9,9411	9,9561	10,0457	9,8742	10,3422	0,4313	0,9087	9,7361	24	27
33,5	22	9,9898	10,3994	9,9413	9,9563	10,0459	9,8744	10,3424	0,4315	0,9085	9,7363	25	26,5
34	25	9,9900	10,3996	9,9415	9,9565	10,0461	9,8746	10,3426	0,4317	0,9083	9,7365	26	26
34,5	29	9,9902	10,3998	9,9417	9,9567	10,0463	9,8748	10,3428	0,4319	0,9081	9,7367	27	25,5
35	32	9,9904	10,4000	9,9419	9,9569	10,0465	9,8750	10,3430	0,4321	0,9079	9,7369	28	25
35,5	36	9,9906	10,4002	9,9421	9,9571	10,0467	9,8752	10,3432	0,4323	0,9077	9,7371	29	24,5
36	39	9,9908	10,4004	9,9423	9,9573	10,0469	9,8754	10,3434	0,4325	0,9075	9,7373	30	24
36,5	43	9,9910	10,4006	9,9425	9,9575	10,0471	9,8756	10,3436	0,4327	0,9073	9,7375	31	23,5
37	46	9,9912	10,4008	9,9427	9,9577	10,0473	9,8758	10,3438	0,4329	0,9071	9,7377	32	23
37,5	50	9,9914	10,4010	9,9429	9,9579	10,0475	9,8760	10,3440	0,4331	0,9069	9,7379	33	22,5
38	53	9,9916	10,4012	9,9431	9,9581	10,0477	9,8762	10,3442	0,4333	0,9067	9,7381	34	22
38,5	57	9,9918	10,4014	9,9433	9,9583	10,0479	9,8764	10,3444	0,4335	0,9065	9,7383	35	21,5
39	60	9,9920	10,4016	9,9435	9,9585	10,0481	9,8766	10,3446	0,4337	0,9063	9,7385	36	21
39,5	64	9,9922	10,4018	9,9437	9,9587	10,0483	9,8768	10,3448	0,4339	0,9061	9,7387	37	20,5
40	67	9,9924	10,4020	9,9439	9,9589	10,0485	9,8770	10,3450	0,4341	0,9059	9,7389	38	20
40,5	71	9,9926	10,4022	9,9441	9,9591	10,0487	9,8772	10,3452	0,4343	0,9057	9,7391	39	19,5
41	74	9,9928	10,4024	9,9443	9,9593	10,0489	9,8774	10,3454	0,4345	0,9055	9,7393	40	19
41,5	78	9,9930	10,4026	9,9445	9,9595	10,0491	9,8776	10,3456	0,4347	0,9053	9,7395	41	18,5
42	81	9,9932	10,4028	9,9447	9,9597	10,0493	9,8778	10,3458	0,4349	0,9051	9,7397	42	18
42,5	85	9,9934	10,4030	9,9449	9,9599	10,0495	9,8780	10,3460	0,4351	0,9049	9,7399	43	17,5
43	88	9,9936	10,4032	9,9451	9,9601	10,0497	9,8782	10,3462	0,4353	0,9047	9,7401	44	17
43,5	92	9,9938	10,4034	9,9453	9,9603	10,0499	9,8784	10,3464	0,4355	0,9045	9,7403	45	16,5
44	95	9,9940	10,4036	9,9455	9,9605	10,0501	9,8786	10,3466	0,4357	0,9043	9,7405	46	16
44,5	99	9,9942	10,4038	9,9457	9,9607	10,0503	9,8788	10,3468	0,4359	0,9041	9,7407	47	15,5
45	102	9,9944	10,4040	9,9459	9,9609	10,0505	9,8790	10,3470	0,4361	0,9039	9,7409	48	15
45,5	106	9,9946	10,4042	9,9461	9,9611	10,0507	9,8792	10,3472	0,4363	0,9037	9,7411	49	14,5
46	109	9,9948	10,4044	9,9463	9,9613	10,0509	9,8794	10,3474	0,4365	0,9035	9,7413	50	14
46,5	113	9,9950	10,4046	9,9465	9,9615	10,0511	9,8796	10,3476	0,4367	0,9033	9,7415	51	13,5
47	116	9,9952	10,4048	9,9467	9,9617	10,0513	9,8798	10,3478	0,4369	0,9031	9,7417	52	13
47,5	120	9,9954	10,4050	9,9469	9,9619	10,0515	9,8800	10,3480	0,4371	0,9029	9,7419	53	12,5
48	123	9,9956	10,4052	9,9471	9,9621	10,0517	9,8802	10,3482	0,4373	0,9027	9,7421	54	12
48,5	127	9,9958	10,4054	9,9473	9,9623	10,0519	9,8804	10,3484	0,4375	0,9025	9,7423	55	11,5
49	130	9,9960	10,4056	9,9475	9,9625	10,0521	9,8806	10,3486	0,4377	0,9023	9,7425	56	11
49,5	134	9,9962	10,4058	9,9477	9,9627	10,0523	9,8808	10,3488	0,4379	0,9021	9,7427	57	10,5
50	137	9,9964	10,4060	9,9479	9,9629	10,0525	9,8810	10,3490	0,4381	0,9019	9,7429	58	10
50,5	141	9,9966	10,4062	9,9481	9,9631	10,0527	9,8812	10,3492	0,4383	0,9017	9,7431	59	9,5
51	144	9,9968	10,4064	9,9483	9,9633	10,0529	9,8814	10,3494	0,4385	0,9015	9,7433	60	9
51,5	148	9,9970	10,4066	9,9485	9,9635	10,0531	9,8816	10,3496	0,4387	0,9013	9,7435	61	8,5
52	151	9,9972	10,4068	9,9487	9,9637	10,0533	9,8818	10,3498	0,4389	0,9011	9,7437	62	8
52,5	155	9,9974	10,4070	9,9489	9,9639	10,0535	9,8820	10,3500	0,4391	0,9009	9,7439	63	7,5
53	158	9,9976	10,4072	9,9491	9,9641	10,0537	9,8822	10,3502	0,4393	0,9007	9,7441	64	7
53,5	162	9,9978	10,4074	9,9493	9,9643	10,0539	9,8824	10,3504	0,4395	0,9005	9,7443	65	6,5
54	165	9,9980	10,4076	9,9495	9,9645	10,0541	9,8826	10,3506	0,4397	0,9003	9,7445	66	6
54,5	169	9,9982	10,4078	9,9497	9,9647	10,0543	9,8828	10,3508	0,4399	0,9001	9,7447	67	5,5
55	172	9,9984	10,4080	9,9499	9,9649	10,0545	9,8830	10,3510	0,4401	0,8999	9,7449	68	5
55,5	176	9,9986	10,4082	9,9501	9,9651	10,0547	9,8832	10,3512	0,4403	0,8997	9,7451	69	4,5
56	179	9,9988	10,4084	9,9503	9,9653	10,0549	9,8834	10,3514	0,4405	0,8995	9,7453	70	4
56,5	183	9,9990	10,4086	9,9505	9,9655	10,0551	9,8836	10,3516	0,4407	0,8993	9,7455	71	3,5
57	186	9,9992	10,4088	9,9507	9,9657	10,0553	9,8838	10,3518	0,4409	0,8991	9,7457	72	3
57,5	190	9,9994	10,4090	9,9509	9,9659	10,0555	9,8840	10,3520	0,4411	0,8989	9,7459	73	2,5
58	193	9,9996	10,4092	9,9511	9,9661	10,0557	9,8842	10,3522	0,4413	0,8987	9,7461	74	2
58,5	197	9,9998	10,4094	9,9513	9,9663	10,0559	9,8844	10,3524	0,4415	0,8985	9,7463	75	1,5
59	200	9,9999	10,4096	9,9515	9,9665	10,0561	9,8846	10,3526	0,4417	0,8983	9,7465	76	1
59,5	204	9,9999	10,4098	9,9517	9,9667	10,0563	9,8848	10,3528	0,4419	0,8981	9,7467	77	0,5
60	207	9,9999	10,4100	9,9519	9,9669	10,0565	9,8850	10,3530	0,4421	0,8979	9,7469	78	0

4' 16" -- 4' 18"
64° -- 64° 30'

25°30' -- 26°
1' 42" -- 1' 44"

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN
LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRA

derajat	m. d.	Log. Versus.	Log. Cosus.	Log. Sinus.	Log. Cosin.	Log. Secans.	Log. Tang.	Log. Cotang.	Nilai Sinus.	Nilai Cosin.	Log. Sinus.	m. d.	derajat
bujur	waktu											waktu	bujur
25	42	9,6880	10,3060	9,8398	9,9354	12,5221	9,4797	10,3206	0,4301	0,9119	9,7154	10	25
30	2	9,6890	10,3050	9,8413	9,9369	12,5234	9,4814	10,3219	0,4314	0,9132	9,7167	10	30
35	4	9,6905	10,3035	9,8428	9,9384	12,5247	9,4831	10,3232	0,4327	0,9145	9,7180	10	35
40	6	9,6920	10,3020	9,8443	9,9399	12,5260	9,4848	10,3245	0,4340	0,9158	9,7193	10	40
45	8	9,6935	10,3005	9,8458	9,9414	12,5273	9,4865	10,3258	0,4353	0,9171	9,7206	10	45
50	10	9,6950	10,2990	9,8473	9,9429	12,5286	9,4882	10,3271	0,4366	0,9184	9,7219	10	50
55	12	9,6965	10,2975	9,8488	9,9444	12,5299	9,4899	10,3284	0,4379	0,9197	9,7232	10	55
60	14	9,6980	10,2960	9,8503	9,9459	12,5312	9,4916	10,3297	0,4392	0,9210	9,7245	10	60
65	16	9,6995	10,2945	9,8518	9,9474	12,5325	9,4933	10,3310	0,4405	0,9223	9,7258	10	65
70	18	9,7010	10,2930	9,8533	9,9489	12,5338	9,4950	10,3323	0,4418	0,9236	9,7271	10	70
75	20	9,7025	10,2915	9,8548	9,9504	12,5351	9,4967	10,3336	0,4431	0,9249	9,7284	10	75
80	22	9,7040	10,2900	9,8563	9,9519	12,5364	9,4984	10,3349	0,4444	0,9262	9,7297	10	80
85	24	9,7055	10,2885	9,8578	9,9534	12,5377	9,4997	10,3362	0,4457	0,9275	9,7310	10	85
90	26	9,7070	10,2870	9,8593	9,9549	12,5390	9,5014	10,3375	0,4470	0,9288	9,7323	10	90
95	28	9,7085	10,2855	9,8608	9,9564	12,5403	9,5031	10,3388	0,4483	0,9301	9,7336	10	95
100	30	9,7100	10,2840	9,8623	9,9579	12,5416	9,5048	10,3401	0,4496	0,9314	9,7349	10	100
105	32	9,7115	10,2825	9,8638	9,9594	12,5429	9,5065	10,3414	0,4509	0,9327	9,7362	10	105
110	34	9,7130	10,2810	9,8653	9,9609	12,5442	9,5082	10,3427	0,4522	0,9340	9,7375	10	110
115	36	9,7145	10,2795	9,8668	9,9624	12,5455	9,5099	10,3440	0,4535	0,9353	9,7388	10	115
120	38	9,7160	10,2780	9,8683	9,9639	12,5468	9,5116	10,3453	0,4548	0,9366	9,7401	10	120
125	40	9,7175	10,2765	9,8698	9,9654	12,5481	9,5133	10,3466	0,4561	0,9379	9,7414	10	125
130	42	9,7190	10,2750	9,8713	9,9669	12,5494	9,5150	10,3479	0,4574	0,9392	9,7427	10	130
135	44	9,7205	10,2735	9,8728	9,9684	12,5507	9,5167	10,3492	0,4587	0,9405	9,7440	10	135
140	46	9,7220	10,2720	9,8743	9,9699	12,5520	9,5184	10,3505	0,4600	0,9418	9,7453	10	140
145	48	9,7235	10,2705	9,8758	9,9714	12,5533	9,5201	10,3518	0,4613	0,9431	9,7466	10	145
150	50	9,7250	10,2690	9,8773	9,9729	12,5546	9,5218	10,3531	0,4626	0,9444	9,7479	10	150
155	52	9,7265	10,2675	9,8788	9,9744	12,5559	9,5235	10,3544	0,4639	0,9457	9,7492	10	155
160	54	9,7280	10,2660	9,8803	9,9759	12,5572	9,5252	10,3557	0,4652	0,9470	9,7505	10	160
165	56	9,7295	10,2645	9,8818	9,9774	12,5585	9,5269	10,3570	0,4665	0,9483	9,7518	10	165
170	58	9,7310	10,2630	9,8833	9,9789	12,5598	9,5286	10,3583	0,4678	0,9496	9,7531	10	170
175	60	9,7325	10,2615	9,8848	9,9804	12,5611	9,5303	10,3596	0,4691	0,9509	9,7544	10	175
180	62	9,7340	10,2600	9,8863	9,9819	12,5624	9,5320	10,3609	0,4704	0,9522	9,7557	10	180
185	64	9,7355	10,2585	9,8878	9,9834	12,5637	9,5337	10,3622	0,4717	0,9535	9,7570	10	185
190	66	9,7370	10,2570	9,8893	9,9849	12,5650	9,5354	10,3635	0,4730	0,9548	9,7583	10	190
195	68	9,7385	10,2555	9,8908	9,9864	12,5663	9,5371	10,3648	0,4743	0,9561	9,7596	10	195
200	70	9,7400	10,2540	9,8923	9,9879	12,5676	9,5388	10,3661	0,4756	0,9574	9,7609	10	200
205	72	9,7415	10,2525	9,8938	9,9894	12,5689	9,5405	10,3674	0,4769	0,9587	9,7622	10	205
210	74	9,7430	10,2510	9,8953	9,9909	12,5702	9,5422	10,3687	0,4782	0,9600	9,7635	10	210
215	76	9,7445	10,2495	9,8968	9,9924	12,5715	9,5439	10,3700	0,4795	0,9613	9,7648	10	215
220	78	9,7460	10,2480	9,8983	9,9939	12,5728	9,5456	10,3713	0,4808	0,9626	9,7661	10	220
225	80	9,7475	10,2465	9,8998	9,9954	12,5741	9,5473	10,3726	0,4821	0,9639	9,7674	10	225
230	82	9,7490	10,2450	9,9013	9,9969	12,5754	9,5490	10,3739	0,4834	0,9652	9,7687	10	230
235	84	9,7505	10,2435	9,9028	9,9984	12,5767	9,5507	10,3752	0,4847	0,9665	9,7700	10	235
240	86	9,7520	10,2420	9,9043	9,9999	12,5780	9,5524	10,3765	0,4860	0,9678	9,7713	10	240
245	88	9,7535	10,2405	9,9058	10,0014	12,5793	9,5541	10,3778	0,4873	0,9691	9,7726	10	245
250	90	9,7550	10,2390	9,9073	10,0029	12,5806	9,5558	10,3791	0,4886	0,9704	9,7739	10	250
255	92	9,7565	10,2375	9,9088	10,0044	12,5819	9,5575	10,3804	0,4899	0,9717	9,7752	10	255
260	94	9,7580	10,2360	9,9103	10,0059	12,5832	9,5592	10,3817	0,4912	0,9730	9,7765	10	260
265	96	9,7595	10,2345	9,9118	10,0074	12,5845	9,5609	10,3830	0,4925	0,9743	9,7778	10	265
270	98	9,7610	10,2330	9,9133	10,0089	12,5858	9,5626	10,3843	0,4938	0,9756	9,7791	10	270
275	100	9,7625	10,2315	9,9148	10,0104	12,5871	9,5643	10,3856	0,4951	0,9769	9,7804	10	275
280	102	9,7640	10,2300	9,9163	10,0119	12,5884	9,5660	10,3869	0,4964	0,9782	9,7817	10	280
285	104	9,7655	10,2285	9,9178	10,0134	12,5897	9,5677	10,3882	0,4977	0,9795	9,7830	10	285
290	106	9,7670	10,2270	9,9193	10,0149	12,5910	9,5694	10,3895	0,4990	0,9808	9,7843	10	290
295	108	9,7685	10,2255	9,9208	10,0164	12,5923	9,5711	10,3908	0,5003	0,9821	9,7856	10	295
300	110	9,7700	10,2240	9,9223	10,0179	12,5936	9,5728	10,3921	0,5016	0,9834	9,7869	10	300

4' 16" -- 4' 18"
64° -- 64°30'

35° - 35° 30'
2' 20" - 2' 22"

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN
LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRA

m d.	Log Sinus	Log Cosus	Log Sinus	Log Cosus	Log Secans	Log Tang.	Log Cotang.	Nilai Sinus	Nilai Cosus	Log Sinus	Log Cosus	m d.	waktu
0	0.2573	0.7427	0.2573	0.7427	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0
0.5	0.2574	0.7426	0.2574	0.7426	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5	0.5
1	0.2575	0.7425	0.2575	0.7425	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	1
1.5	0.2576	0.7424	0.2576	0.7424	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.5	1.5
2	0.2577	0.7423	0.2577	0.7423	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2	2
2.5	0.2578	0.7422	0.2578	0.7422	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.5	2.5
3	0.2579	0.7421	0.2579	0.7421	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3	3
3.5	0.2580	0.7420	0.2580	0.7420	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.5	3.5
4	0.2581	0.7419	0.2581	0.7419	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4	4
4.5	0.2582	0.7418	0.2582	0.7418	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.5	4.5
5	0.2583	0.7417	0.2583	0.7417	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	5	5
5.5	0.2584	0.7416	0.2584	0.7416	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	5.5	5.5
6	0.2585	0.7415	0.2585	0.7415	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	6	6
6.5	0.2586	0.7414	0.2586	0.7414	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	6.5	6.5
7	0.2587	0.7413	0.2587	0.7413	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	7	7
7.5	0.2588	0.7412	0.2588	0.7412	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	7.5	7.5
8	0.2589	0.7411	0.2589	0.7411	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8	8
8.5	0.2590	0.7410	0.2590	0.7410	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.5	8.5
9	0.2591	0.7409	0.2591	0.7409	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	9	9
9.5	0.2592	0.7408	0.2592	0.7408	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	9.5	9.5
10	0.2593	0.7407	0.2593	0.7407	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10	10
10.5	0.2594	0.7406	0.2594	0.7406	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.5	10.5
11	0.2595	0.7405	0.2595	0.7405	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	11	11
11.5	0.2596	0.7404	0.2596	0.7404	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	11.5	11.5
12	0.2597	0.7403	0.2597	0.7403	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	12	12
12.5	0.2598	0.7402	0.2598	0.7402	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	12.5	12.5
13	0.2599	0.7401	0.2599	0.7401	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	13	13
13.5	0.2600	0.7400	0.2600	0.7400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	13.5	13.5
14	0.2601	0.7399	0.2601	0.7399	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	14	14
14.5	0.2602	0.7398	0.2602	0.7398	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	14.5	14.5
15	0.2603	0.7397	0.2603	0.7397	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15	15
15.5	0.2604	0.7396	0.2604	0.7396	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15.5	15.5
16	0.2605	0.7395	0.2605	0.7395	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	16	16
16.5	0.2606	0.7394	0.2606	0.7394	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	16.5	16.5
17	0.2607	0.7393	0.2607	0.7393	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	17	17
17.5	0.2608	0.7392	0.2608	0.7392	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	17.5	17.5
18	0.2609	0.7391	0.2609	0.7391	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	18	18
18.5	0.2610	0.7390	0.2610	0.7390	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	18.5	18.5
19	0.2611	0.7389	0.2611	0.7389	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	19	19
19.5	0.2612	0.7388	0.2612	0.7388	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	19.5	19.5
20	0.2613	0.7387	0.2613	0.7387	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	20	20
20.5	0.2614	0.7386	0.2614	0.7386	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	20.5	20.5
21	0.2615	0.7385	0.2615	0.7385	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	21	21
21.5	0.2616	0.7384	0.2616	0.7384	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	21.5	21.5
22	0.2617	0.7383	0.2617	0.7383	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	22	22
22.5	0.2618	0.7382	0.2618	0.7382	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	22.5	22.5
23	0.2619	0.7381	0.2619	0.7381	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	23	23
23.5	0.2620	0.7380	0.2620	0.7380	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	23.5	23.5
24	0.2621	0.7379	0.2621	0.7379	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24	24
24.5	0.2622	0.7378	0.2622	0.7378	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24.5	24.5
25	0.2623	0.7377	0.2623	0.7377	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	25	25
25.5	0.2624	0.7376	0.2624	0.7376	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	25.5	25.5
26	0.2625	0.7375	0.2625	0.7375	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	26	26
26.5	0.2626	0.7374	0.2626	0.7374	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	26.5	26.5
27	0.2627	0.7373	0.2627	0.7373	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	27	27
27.5	0.2628	0.7372	0.2628	0.7372	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	27.5	27.5
28	0.2629	0.7371	0.2629	0.7371	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	28	28
28.5	0.2630	0.7370	0.2630	0.7370	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	28.5	28.5
29	0.2631	0.7369	0.2631	0.7369	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	29	29
29.5	0.2632	0.7368	0.2632	0.7368	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	29.5	29.5
30	0.2633	0.7367	0.2633	0.7367	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	30	30

3' 38" - 3' 40"
54° 30' - 55°

35°30' – 36°
2' 22" 2' 24"

DAFTAR VIII - NILAI SINUS DAN COSINUS DAN
LOGARITMA PERBANDINGAN GONOMETRA

m	m	Log. Sinus	Log. Cosinus	Log. Tang.	Log. Cotang.	Log. Secans	Log. Cosecans	Log. Tang.	Log. Cotang.	Nilai Sinus	Nilai Cosinus	Log. Sinus	m	Log. Sinus	m
menit	dik. waktu	Versus	Contra.	Sinus	Cosinus	Secans	Cosecans	Tang.	Cotang.	Sinus	Cosinus	Versus	dik. waktu	menit	menit
35	30	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	35	30	35
35,5	3	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	35	33	35,5
36	6	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	36	6	36
36,5	9	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	36	9	36,5
37	12	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	37	12	37
37,5	15	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	37,5	15	37,5
38	18	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	38	18	38
38,5	21	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	38,5	21	38,5
39	24	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	39	24	39
39,5	27	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	39,5	27	39,5
40	30	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	40	30	40
40,5	33	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	40,5	33	40,5
41	36	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	41	36	41
41,5	39	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	41,5	39	41,5
42	42	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	42	42	42
42,5	45	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	42,5	45	42,5
43	48	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	43	48	43
43,5	51	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	43,5	51	43,5
44	54	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	44	54	44
44,5	57	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	44,5	57	44,5
45	0	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	45	0	45
45,5	3	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	45,5	3	45,5
46	6	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	46	6	46
46,5	9	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	46,5	9	46,5
47	12	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	47	12	47
47,5	15	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	47,5	15	47,5
48	18	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	48	18	48
48,5	21	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	48,5	21	48,5
49	24	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	49	24	49
49,5	27	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	49,5	27	49,5
50	30	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	50	30	50
50,5	33	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	50,5	33	50,5
51	36	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	51	36	51
51,5	39	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	51,5	39	51,5
52	42	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	52	42	52
52,5	45	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	52,5	45	52,5
53	48	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	53	48	53
53,5	51	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	53,5	51	53,5
54	54	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	54	54	54
54,5	57	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	54,5	57	54,5
55	0	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	55	0	55
55,5	3	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	55,5	3	55,5
56	6	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	56	6	56
56,5	9	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	56,5	9	56,5
57	12	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	57	12	57
57,5	15	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	57,5	15	57,5
58	18	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	58	18	58
58,5	21	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	58,5	21	58,5
59	24	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	59	24	59
59,5	27	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	59,5	27	59,5
60	30	9,34644	9,34644	9,74585	9,25415	10,20211	9,79789	10,24571	9,75429	0,58070	0,81473	9,05151	60	30	60

3' 36" - 3' 38"
54° - 54° 30'

**DAFTAR X
LOGARITMA BILANGAN-BILANGAN UTUH DARI 1 SAMPAI 100**

Bil.	Log.	Bil.	Log.	Bil.	Log.	Bil.	Log.	Bil.	Log.	P.S.	
1	0,00000	31	1,49138	41	1,61318	51	1,71333	61	1,79054	44 43 42 1 4 4 4 2 9 9 8 3 11 11 11 4 14 14 14 5 17 17 17 6 19 19 19 7 21 21 21 8 23 23 23 9 25 25 25	
2	0,30103	32	1,50515	42	1,63187	52	1,73402	62	1,81291		
3	0,47712	33	1,52078	43	1,64751	53	1,74934	63	1,83254		
4	0,60206	34	1,53703	44	1,66428	54	1,76538	64	1,85438		
5	0,69897	35	1,55394	45	1,68147	55	1,78164	65	1,87744		
6	0,77815	36	1,57147	46	1,69882	56	1,79804	66	1,90174		
7	0,84510	37	1,58918	47	1,71631	57	1,81458	67	1,92729		
8	0,90309	38	1,60703	48	1,73474	58	1,83127	68	1,95411		
9	0,95424	39	1,62500	49	1,75312	59	1,84811	69	1,98222		
10	1,00000	40	1,64307	50	1,77155	60	1,86510	70	1,93227		
11	1,04139	41	1,66133	51	1,79003	61	1,88224	80	1,98554		
12	1,07918	42	1,67975	52	1,80856	62	1,89953	90	2,00000		
13	1,11394	43	1,69832	53	1,82628	63	1,91697				
14	1,14643	44	1,71703	54	1,84419	64	1,93456				
15	1,17669	45	1,73582	55	1,86219	65	1,95230				
16	1,20473	46	1,75466	56	1,88027	66	1,97019				
17	1,23061	47	1,77354	57	1,89843	67	1,98823				
18	1,25537	48	1,79246	58	1,91666	68	1,99642				
19	1,27803	49	1,81153	59	1,93507	69	2,00476				
20	1,30103	50	1,83074	60	1,95364	70					
$\log x = 0,49715$ $\log x = 0,43429$										41 40 39 1 4 4 4 2 8 8 8 3 11 11 11 4 14 14 14 5 17 17 17 6 19 19 19 7 21 21 21 8 23 23 23 9 25 25 25	
MANTISA LOGARITMA BILANGAN-BILANGAN DARI 1000 SAMPAI DENGAN 1260.											
Bil.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P.S.
100	00000	00043	00087	00130	00173	00217	00260	00303	00346	00389	38 37 36 1 4 4 4 2 8 8 8 3 11 11 11 4 14 14 14 5 17 17 17 6 19 19 19 7 21 21 21 8 23 23 23 9 25 25 25
101	00438	00481	00524	00567	00610	00653	00696	00739	00782	00825	
102	00868	00911	00954	00997	01040	01083	01126	01169	01212	01255	
103	01298	01341	01384	01427	01470	01513	01556	01599	01642	01685	
104	01728	01771	01814	01857	01900	01943	01986	02029	02072	02115	
105	02158	02201	02244	02287	02330	02373	02416	02459	02502	02545	
106	02588	02631	02674	02717	02760	02803	02846	02889	02932	02975	
107	03018	03061	03104	03147	03190	03233	03276	03319	03362	03405	
108	03448	03491	03534	03577	03620	03663	03706	03749	03792	03835	
109	03878	03921	03964	04007	04050	04093	04136	04179	04222	04265	
110	04308	04351	04394	04437	04480	04523	04566	04609	04652	04695	
111	04738	04781	04824	04867	04910	04953	04996	05039	05082	05125	
112	05168	05211	05254	05297	05340	05383	05426	05469	05512	05555	
113	05598	05641	05684	05727	05770	05813	05856	05899	05942	05985	
114	06028	06071	06114	06157	06200	06243	06286	06329	06372	06415	
115	06458	06501	06544	06587	06630	06673	06716	06759	06802	06845	
116	06888	06931	06974	07017	07060	07103	07146	07189	07232	07275	
117	07318	07361	07404	07447	07490	07533	07576	07619	07662	07705	
118	07748	07791	07834	07877	07920	07963	08006	08049	08092	08135	
119	08178	08221	08264	08307	08350	08393	08436	08479	08522	08565	
120	08608	08651	08694	08737	08780	08823	08866	08909	08952	08995	
121	09038	09081	09124	09167	09210	09253	09296	09339	09382	09425	
122	09468	09511	09554	09597	09640	09683	09726	09769	09812	09855	
123	09898	09941	09984	10027	10070	10113	10156	10199	10242	10285	
124	10328	10371	10414	10457	10500	10543	10586	10629	10672	10715	
125	10758	10801	10844	10887	10930	10973	11016	11059	11102	11145	
126	11188	11231	11274	11317	11360	11403	11446	11489	11532	11575	
Bil.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P.S.

DAFTAR X
MANTISA LOGARITMA BILANGAN-BILANGAN DARI 1260 SAMPAI DENGAN 1880

164	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. S.
126	10017	10072	10126	10180	10235	10289	10343	10398	10453	10508	35 34
127	10560	10615	10670	10725	10780	10835	10890	10945	10999	11054	
128	11072	11128	11184	11240	11296	11352	11408	11464	11520	11576	
129	11632	11689	11746	11803	11860	11917	11974	12031	12088	12145	
130	12202	12260	12318	12376	12434	12492	12550	12608	12666	12724	
131	12782	12841	12900	12959	13018	13077	13136	13195	13254	13313	3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
132	13373	13433	13493	13553	13613	13673	13733	13793	13853	13913	
133	13974	14034	14094	14154	14214	14274	14334	14394	14454	14514	
134	14574	14634	14694	14754	14814	14874	14934	14994	15054	15114	
135	15174	15234	15294	15354	15414	15474	15534	15594	15654	15714	
136	15774	15834	15894	15954	16014	16074	16134	16194	16254	16314	33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
137	16374	16434	16494	16554	16614	16674	16734	16794	16854	16914	
138	16974	17034	17094	17154	17214	17274	17334	17394	17454	17514	
139	17574	17634	17694	17754	17814	17874	17934	17994	18054	18114	
140	18174	18234	18294	18354	18414	18474	18534	18594	18654	18714	
141	18774	18834	18894	18954	19014	19074	19134	19194	19254	19314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
142	19374	19434	19494	19554	19614	19674	19734	19794	19854	19914	
143	19974	20034	20094	20154	20214	20274	20334	20394	20454	20514	
144	20574	20634	20694	20754	20814	20874	20934	20994	21054	21114	
145	21174	21234	21294	21354	21414	21474	21534	21594	21654	21714	
146	21774	21834	21894	21954	22014	22074	22134	22194	22254	22314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
147	22374	22434	22494	22554	22614	22674	22734	22794	22854	22914	
148	22974	23034	23094	23154	23214	23274	23334	23394	23454	23514	
149	23574	23634	23694	23754	23814	23874	23934	23994	24054	24114	
150	24174	24234	24294	24354	24414	24474	24534	24594	24654	24714	
151	24774	24834	24894	24954	25014	25074	25134	25194	25254	25314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
152	25374	25434	25494	25554	25614	25674	25734	25794	25854	25914	
153	25974	26034	26094	26154	26214	26274	26334	26394	26454	26514	
154	26574	26634	26694	26754	26814	26874	26934	26994	27054	27114	
155	27174	27234	27294	27354	27414	27474	27534	27594	27654	27714	
156	27774	27834	27894	27954	28014	28074	28134	28194	28254	28314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
157	28374	28434	28494	28554	28614	28674	28734	28794	28854	28914	
158	28974	29034	29094	29154	29214	29274	29334	29394	29454	29514	
159	29574	29634	29694	29754	29814	29874	29934	29994	30054	30114	
160	30174	30234	30294	30354	30414	30474	30534	30594	30654	30714	
161	30774	30834	30894	30954	31014	31074	31134	31194	31254	31314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
162	31374	31434	31494	31554	31614	31674	31734	31794	31854	31914	
163	31974	32034	32094	32154	32214	32274	32334	32394	32454	32514	
164	32574	32634	32694	32754	32814	32874	32934	32994	33054	33114	
165	33174	33234	33294	33354	33414	33474	33534	33594	33654	33714	
166	33774	33834	33894	33954	34014	34074	34134	34194	34254	34314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
167	34374	34434	34494	34554	34614	34674	34734	34794	34854	34914	
168	34974	35034	35094	35154	35214	35274	35334	35394	35454	35514	
169	35574	35634	35694	35754	35814	35874	35934	35994	36054	36114	
170	36174	36234	36294	36354	36414	36474	36534	36594	36654	36714	
171	36774	36834	36894	36954	37014	37074	37134	37194	37254	37314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
172	37374	37434	37494	37554	37614	37674	37734	37794	37854	37914	
173	37974	38034	38094	38154	38214	38274	38334	38394	38454	38514	
174	38574	38634	38694	38754	38814	38874	38934	38994	39054	39114	
175	39174	39234	39294	39354	39414	39474	39534	39594	39654	39714	
176	39774	39834	39894	39954	40014	40074	40134	40194	40254	40314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
177	40374	40434	40494	40554	40614	40674	40734	40794	40854	40914	
178	40974	41034	41094	41154	41214	41274	41334	41394	41454	41514	
179	41574	41634	41694	41754	41814	41874	41934	41994	42054	42114	
180	42174	42234	42294	42354	42414	42474	42534	42594	42654	42714	
181	42774	42834	42894	42954	43014	43074	43134	43194	43254	43314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
182	43374	43434	43494	43554	43614	43674	43734	43794	43854	43914	
183	43974	44034	44094	44154	44214	44274	44334	44394	44454	44514	
184	44574	44634	44694	44754	44814	44874	44934	44994	45054	45114	
185	45174	45234	45294	45354	45414	45474	45534	45594	45654	45714	
186	45774	45834	45894	45954	46014	46074	46134	46194	46254	46314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
187	46374	46434	46494	46554	46614	46674	46734	46794	46854	46914	
188	46974	47034	47094	47154	47214	47274	47334	47394	47454	47514	
189	47574	47634	47694	47754	47814	47874	47934	47994	48054	48114	
190	48174	48234	48294	48354	48414	48474	48534	48594	48654	48714	
191	48774	48834	48894	48954	49014	49074	49134	49194	49254	49314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
192	49374	49434	49494	49554	49614	49674	49734	49794	49854	49914	
193	49974	50034	50094	50154	50214	50274	50334	50394	50454	50514	
194	50574	50634	50694	50754	50814	50874	50934	50994	51054	51114	
195	51174	51234	51294	51354	51414	51474	51534	51594	51654	51714	
196	51774	51834	51894	51954	52014	52074	52134	52194	52254	52314	30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
197	52374	52434	52494	52554	52614	52674	52734	52794	52854	52914	
198	52974	53034	53094	53154	53214	53274	53334	53394	53454	53514	
199	53574	53634	53694	53754	53814	53874	53934	53994	54054	54114	
200	54174	54234	54294	54354	54414	54474	54534	54594	54654	54714	
196	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. S.

DAFTAR X
MANTISA LOGARITMA BILANGAN-BILANGAN DARI 1880 SAMPAI DENGAN 2510

Bil.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P.S.
188	27419	27439	27458	27475	27491	27507	27524	27541	27558	27574	
189	27591	27607	27624	27640	27657	27673	27690	27707	27724	27741	
190	27757	27774	27791	27808	27825	27842	27859	27876	27893	27910	
191	28002	28020	28038	28056	28074	28092	28110	28128	28146	28164	
192	28182	28200	28218	28236	28254	28272	28290	28308	28326	28344	
193	28362	28380	28398	28416	28434	28452	28470	28488	28506	28524	
194	28542	28560	28578	28596	28614	28632	28650	28668	28686	28704	
195	28722	28740	28758	28776	28794	28812	28830	28848	28866	28884	
196	28902	28920	28938	28956	28974	28992	29010	29028	29046	29064	
197	29082	29100	29118	29136	29154	29172	29190	29208	29226	29244	
198	29262	29280	29298	29316	29334	29352	29370	29388	29406	29424	
199	29442	29460	29478	29496	29514	29532	29550	29568	29586	29604	
200	29622	29640	29658	29676	29694	29712	29730	29748	29766	29784	
201	29802	29820	29838	29856	29874	29892	29910	29928	29946	29964	
202	29982	30000	30018	30036	30054	30072	30090	30108	30126	30144	
203	30162	30180	30198	30216	30234	30252	30270	30288	30306	30324	
204	30342	30360	30378	30396	30414	30432	30450	30468	30486	30504	
205	30522	30540	30558	30576	30594	30612	30630	30648	30666	30684	
206	30702	30720	30738	30756	30774	30792	30810	30828	30846	30864	
207	30882	30900	30918	30936	30954	30972	30990	31008	31026	31044	
208	31062	31080	31098	31116	31134	31152	31170	31188	31206	31224	
209	31242	31260	31278	31296	31314	31332	31350	31368	31386	31404	
210	31422	31440	31458	31476	31494	31512	31530	31548	31566	31584	
211	31602	31620	31638	31656	31674	31692	31710	31728	31746	31764	
212	31782	31800	31818	31836	31854	31872	31890	31908	31926	31944	
213	31962	31980	31998	32016	32034	32052	32070	32088	32106	32124	
214	32142	32160	32178	32196	32214	32232	32250	32268	32286	32304	
215	32322	32340	32358	32376	32394	32412	32430	32448	32466	32484	
216	32502	32520	32538	32556	32574	32592	32610	32628	32646	32664	
217	32682	32700	32718	32736	32754	32772	32790	32808	32826	32844	
218	32862	32880	32898	32916	32934	32952	32970	32988	33006	33024	
219	33042	33060	33078	33096	33114	33132	33150	33168	33186	33204	
220	33222	33240	33258	33276	33294	33312	33330	33348	33366	33384	
221	33402	33420	33438	33456	33474	33492	33510	33528	33546	33564	
222	33582	33600	33618	33636	33654	33672	33690	33708	33726	33744	
223	33762	33780	33798	33816	33834	33852	33870	33888	33906	33924	
224	33942	33960	33978	33996	34014	34032	34050	34068	34086	34104	
225	34122	34140	34158	34176	34194	34212	34230	34248	34266	34284	
226	34302	34320	34338	34356	34374	34392	34410	34428	34446	34464	
227	34482	34500	34518	34536	34554	34572	34590	34608	34626	34644	
228	34662	34680	34698	34716	34734	34752	34770	34788	34806	34824	
229	34842	34860	34878	34896	34914	34932	34950	34968	34986	35004	
230	35022	35040	35058	35076	35094	35112	35130	35148	35166	35184	
231	35202	35220	35238	35256	35274	35292	35310	35328	35346	35364	
232	35382	35400	35418	35436	35454	35472	35490	35508	35526	35544	
233	35562	35580	35598	35616	35634	35652	35670	35688	35706	35724	
234	35742	35760	35778	35796	35814	35832	35850	35868	35886	35904	
235	35922	35940	35958	35976	35994	36012	36030	36048	36066	36084	
236	36102	36120	36138	36156	36174	36192	36210	36228	36246	36264	
237	36282	36300	36318	36336	36354	36372	36390	36408	36426	36444	
238	36462	36480	36498	36516	36534	36552	36570	36588	36606	36624	
239	36642	36660	36678	36696	36714	36732	36750	36768	36786	36804	
240	36822	36840	36858	36876	36894	36912	36930	36948	36966	36984	
241	36999	37017	37035	37053	37071	37089	37107	37125	37143	37161	
242	37179	37197	37215	37233	37251	37269	37287	37305	37323	37341	
243	37359	37377	37395	37413	37431	37449	37467	37485	37503	37521	
244	37539	37557	37575	37593	37611	37629	37647	37665	37683	37701	
245	37719	37737	37755	37773	37791	37809	37827	37845	37863	37881	
246	37899	37917	37935	37953	37971	37989	38007	38025	38043	38061	
247	38079	38097	38115	38133	38151	38169	38187	38205	38223	38241	
248	38259	38277	38295	38313	38331	38349	38367	38385	38403	38421	
249	38439	38457	38475	38493	38511	38529	38547	38565	38583	38601	
250	38619	38637	38655	38673	38691	38709	38727	38745	38763	38781	
251	38799	38817	38835	38853	38871	38889	38907	38925	38943	38961	
252	38979	38997	39015	39033	39051	39069	39087	39105	39123	39141	

DAFTAR X
MANTISA LOGARITMA BILANGAN-BILANGAN DARI 2510 SAMPAI DENGAN 3130

BIL.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P.S.	
251	3997	3998	4000	4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007		
252	4010	4011	4012	4013	4014	4015	4016	4017	4018	4019		
253	4021	4022	4023	4024	4025	4026	4027	4028	4029	4030		
254	4043	4044	4045	4046	4047	4048	4049	4050	4051	4052		
255	4064	4065	4066	4067	4068	4069	4070	4071	4072	4073		
256	4084	4085	4086	4087	4088	4089	4090	4091	4092	4093		
257	4093	4094	4095	4096	4097	4098	4099	4100	4101	4102		
258	4112	4113	4114	4115	4116	4117	4118	4119	4120	4121		
259	4130	4131	4132	4133	4134	4135	4136	4137	4138	4139		
260	4147	4148	4149	4150	4151	4152	4153	4154	4155	4156	18	17
261	4164	4165	4166	4167	4168	4169	4170	4171	4172	4173	1	8
262	4179	4180	4181	4182	4183	4184	4185	4186	4187	4188	2	3
263	4194	4195	4196	4197	4198	4199	4200	4201	4202	4203	3	4
264	4210	4211	4212	4213	4214	4215	4216	4217	4218	4219	4	7
265	4225	4226	4227	4228	4229	4230	4231	4232	4233	4234	5	7
266	4241	4242	4243	4244	4245	4246	4247	4248	4249	4250	6	11
267	4257	4258	4259	4260	4261	4262	4263	4264	4265	4266	7	13
268	4273	4274	4275	4276	4277	4278	4279	4280	4281	4282	8	14
269	4287	4288	4289	4290	4291	4292	4293	4294	4295	4296	9	10
270	4297	4298	4299	4300	4301	4302	4303	4304	4305	4306		
271	4317	4318	4319	4320	4321	4322	4323	4324	4325	4326		
272	4337	4338	4339	4340	4341	4342	4343	4344	4345	4346		
273	4357	4358	4359	4360	4361	4362	4363	4364	4365	4366		
274	4375	4376	4377	4378	4379	4380	4381	4382	4383	4384		
275	4393	4394	4395	4396	4397	4398	4399	4400	4401	4402		
276	4410	4411	4412	4413	4414	4415	4416	4417	4418	4419		
277	4428	4429	4430	4431	4432	4433	4434	4435	4436	4437		
278	4445	4446	4447	4448	4449	4450	4451	4452	4453	4454	16	15
279	4461	4462	4463	4464	4465	4466	4467	4468	4469	4470	1	2
280	4476	4477	4478	4479	4480	4481	4482	4483	4484	4485	2	3
281	4491	4492	4493	4494	4495	4496	4497	4498	4499	4500	3	5
282	4505	4506	4507	4508	4509	4510	4511	4512	4513	4514	4	6
283	4519	4520	4521	4522	4523	4524	4525	4526	4527	4528	5	8
284	4533	4534	4535	4536	4537	4538	4539	4540	4541	4542	6	10
285	4547	4548	4549	4550	4551	4552	4553	4554	4555	4556	7	11
286	4561	4562	4563	4564	4565	4566	4567	4568	4569	4570	8	12
287	4574	4575	4576	4577	4578	4579	4580	4581	4582	4583	9	14
288	4587	4588	4589	4590	4591	4592	4593	4594	4595	4596		
289	4597	4598	4599	4600	4601	4602	4603	4604	4605	4606		
290	4610	4611	4612	4613	4614	4615	4616	4617	4618	4619		
291	4628	4629	4630	4631	4632	4633	4634	4635	4636	4637		
292	4645	4646	4647	4648	4649	4650	4651	4652	4653	4654		
293	4661	4662	4663	4664	4665	4666	4667	4668	4669	4670		
294	4676	4677	4678	4679	4680	4681	4682	4683	4684	4685		
295	4691	4692	4693	4694	4695	4696	4697	4698	4699	4700		
296	4709	4710	4711	4712	4713	4714	4715	4716	4717	4718	14	13
297	4725	4726	4727	4728	4729	4730	4731	4732	4733	4734	1	1
298	4741	4742	4743	4744	4745	4746	4747	4748	4749	4750	2	3
299	4757	4758	4759	4760	4761	4762	4763	4764	4765	4766	3	4
300	4773	4774	4775	4776	4777	4778	4779	4780	4781	4782	4	6
301	4787	4788	4789	4790	4791	4792	4793	4794	4795	4796	5	7
302	4801	4802	4803	4804	4805	4806	4807	4808	4809	4810	6	8
303	4814	4815	4816	4817	4818	4819	4820	4821	4822	4823	7	10
304	4827	4828	4829	4830	4831	4832	4833	4834	4835	4836	8	12
305	4840	4841	4842	4843	4844	4845	4846	4847	4848	4849	9	13
306	4853	4854	4855	4856	4857	4858	4859	4860	4861	4862		
307	4866	4867	4868	4869	4870	4871	4872	4873	4874	4875		
308	4879	4880	4881	4882	4883	4884	4885	4886	4887	4888		
309	4892	4893	4894	4895	4896	4897	4898	4899	4900	4901		
310	4905	4906	4907	4908	4909	4910	4911	4912	4913	4914		
311	4919	4920	4921	4922	4923	4924	4925	4926	4927	4928		
312	4931	4932	4933	4934	4935	4936	4937	4938	4939	4940		
313	4944	4945	4946	4947	4948	4949	4950	4951	4952	4953		
BIL.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P.S.	

DAFTAR X
MANTISA LOGARITMA BILANGAN-BILANGAN DARI 3130 SAMPAI DENGAN 3760

Bil.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P.S.
313	4934	4938	4942	4946	4950	4954	4958	4962	4966	4970	
314	4974	4978	4982	4986	4990	4994	4998	5002	5006	5010	
315	5014	5018	5022	5026	5030	5034	5038	5042	5046	5050	
316	5054	5058	5062	5066	5070	5074	5078	5082	5086	5090	
317	5094	5098	5102	5106	5110	5114	5118	5122	5126	5130	
318	5134	5138	5142	5146	5150	5154	5158	5162	5166	5170	
319	5174	5178	5182	5186	5190	5194	5198	5202	5206	5210	
320	5214	5218	5222	5226	5230	5234	5238	5242	5246	5250	
321	5254	5258	5262	5266	5270	5274	5278	5282	5286	5290	
322	5294	5298	5302	5306	5310	5314	5318	5322	5326	5330	
323	5334	5338	5342	5346	5350	5354	5358	5362	5366	5370	
324	5374	5378	5382	5386	5390	5394	5398	5402	5406	5410	
325	5414	5418	5422	5426	5430	5434	5438	5442	5446	5450	
326	5454	5458	5462	5466	5470	5474	5478	5482	5486	5490	
327	5494	5498	5502	5506	5510	5514	5518	5522	5526	5530	
328	5534	5538	5542	5546	5550	5554	5558	5562	5566	5570	
329	5574	5578	5582	5586	5590	5594	5598	5602	5606	5610	
330	5614	5618	5622	5626	5630	5634	5638	5642	5646	5650	
331	5654	5658	5662	5666	5670	5674	5678	5682	5686	5690	
332	5694	5698	5702	5706	5710	5714	5718	5722	5726	5730	
333	5734	5738	5742	5746	5750	5754	5758	5762	5766	5770	
334	5774	5778	5782	5786	5790	5794	5798	5802	5806	5810	
335	5814	5818	5822	5826	5830	5834	5838	5842	5846	5850	
336	5854	5858	5862	5866	5870	5874	5878	5882	5886	5890	
337	5894	5898	5902	5906	5910	5914	5918	5922	5926	5930	
338	5934	5938	5942	5946	5950	5954	5958	5962	5966	5970	
339	5974	5978	5982	5986	5990	5994	5998	6002	6006	6010	
340	6014	6018	6022	6026	6030	6034	6038	6042	6046	6050	
341	6054	6058	6062	6066	6070	6074	6078	6082	6086	6090	
342	6094	6098	6102	6106	6110	6114	6118	6122	6126	6130	
343	6134	6138	6142	6146	6150	6154	6158	6162	6166	6170	
344	6174	6178	6182	6186	6190	6194	6198	6202	6206	6210	
345	6214	6218	6222	6226	6230	6234	6238	6242	6246	6250	
346	6254	6258	6262	6266	6270	6274	6278	6282	6286	6290	
347	6294	6298	6302	6306	6310	6314	6318	6322	6326	6330	
348	6334	6338	6342	6346	6350	6354	6358	6362	6366	6370	
349	6374	6378	6382	6386	6390	6394	6398	6402	6406	6410	
350	6414	6418	6422	6426	6430	6434	6438	6442	6446	6450	
351	6454	6458	6462	6466	6470	6474	6478	6482	6486	6490	
352	6494	6498	6502	6506	6510	6514	6518	6522	6526	6530	
353	6534	6538	6542	6546	6550	6554	6558	6562	6566	6570	
354	6574	6578	6582	6586	6590	6594	6598	6602	6606	6610	
355	6614	6618	6622	6626	6630	6634	6638	6642	6646	6650	
356	6654	6658	6662	6666	6670	6674	6678	6682	6686	6690	
357	6694	6698	6702	6706	6710	6714	6718	6722	6726	6730	
358	6734	6738	6742	6746	6750	6754	6758	6762	6766	6770	
359	6774	6778	6782	6786	6790	6794	6798	6802	6806	6810	
360	6814	6818	6822	6826	6830	6834	6838	6842	6846	6850	
361	6854	6858	6862	6866	6870	6874	6878	6882	6886	6890	
362	6894	6898	6902	6906	6910	6914	6918	6922	6926	6930	
363	6934	6938	6942	6946	6950	6954	6958	6962	6966	6970	
364	6974	6978	6982	6986	6990	6994	6998	7002	7006	7010	
365	7014	7018	7022	7026	7030	7034	7038	7042	7046	7050	
366	7054	7058	7062	7066	7070	7074	7078	7082	7086	7090	
367	7094	7098	7102	7106	7110	7114	7118	7122	7126	7130	
368	7134	7138	7142	7146	7150	7154	7158	7162	7166	7170	
369	7174	7178	7182	7186	7190	7194	7198	7202	7206	7210	
370	7214	7218	7222	7226	7230	7234	7238	7242	7246	7250	
371	7254	7258	7262	7266	7270	7274	7278	7282	7286	7290	
372	7294	7298	7302	7306	7310	7314	7318	7322	7326	7330	
373	7334	7338	7342	7346	7350	7354	7358	7362	7366	7370	
374	7374	7378	7382	7386	7390	7394	7398	7402	7406	7410	
375	7414	7418	7422	7426	7430	7434	7438	7442	7446	7450	
376	7454	7458	7462	7466	7470	7474	7478	7482	7486	7490	
377	7494	7498	7502	7506	7510	7514	7518	7522	7526	7530	
378	7534	7538	7542	7546	7550	7554	7558	7562	7566	7570	
379	7574	7578	7582	7586	7590	7594	7598	7602	7606	7610	
380	7614	7618	7622	7626	7630	7634	7638	7642	7646	7650	
381	7654	7658	7662	7666	7670	7674	7678	7682	7686	7690	
382	7694	7698	7702	7706	7710	7714	7718	7722	7726	7730	
383	7734	7738	7742	7746	7750	7754	7758	7762	7766	7770	
384	7774	7778	7782	7786	7790	7794	7798	7802	7806	7810	
385	7814	7818	7822	7826	7830	7834	7838	7842	7846	7850	
386	7854	7858	7862	7866	7870	7874	7878	7882	7886	7890	
387	7894	7898	7902	7906	7910	7914	7918	7922	7926	7930	
388	7934	7938	7942	7946	7950	7954	7958	7962	7966	7970	
389	7974	7978	7982	7986	7990	7994	7998	8002	8006	8010	
390	8014	8018	8022	8026	8030	8034	8038	8042	8046	8050	
391	8054	8058	8062	8066	8070	8074	8078	8082	8086	8090	
392	8094	8098	8102	8106	8110	8114	8118	8122	8126	8130	
393	8134	8138	8142	8146	8150	8154	8158	8162	8166	8170	
394	8174	8178	8182	8186	8190	8194	8198	8202	8206	8210	
395	8214	8218	8222	8226	8230	8234	8238	8242	8246	8250	
396	8254	8258	8262	8266	8270	8274	8278	8282	8286	8290	
397	8294	8298	8302	8306	8310	8314	8318	8322	8326	8330	
398	8334	8338	8342	8346	8350	8354	8358	8362	8366	8370	
399	8374	8378	8382	8386	8390	8394	8398	8402	8406	8410	
400	8414	8418	8422	8426	8430	8434	8438	8442	8446	8450	

1	1	1
2	4	4
3	9	9
4	16	16
5	25	25
6	36	36
7	49	49
8	64	64
9	81	81
10	100	100

DAFTAR X
MANTISA LOGARITMA BILANGAN-BILANGAN DARI 3760 SAMPAI DENGAN 4380

Nil.	Mantisa										P.S.
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
376	3739	3740	3741	3742	3743	3744	3745	3746	3747	3748	
377	3749	3750	3751	3752	3753	3754	3755	3756	3757	3758	
378	3759	3760	3761	3762	3763	3764	3765	3766	3767	3768	
379	3769	3770	3771	3772	3773	3774	3775	3776	3777	3778	
380	3779	3780	3781	3782	3783	3784	3785	3786	3787	3788	
381	3789	3790	3791	3792	3793	3794	3795	3796	3797	3798	
382	3799	3800	3801	3802	3803	3804	3805	3806	3807	3808	
383	3809	3810	3811	3812	3813	3814	3815	3816	3817	3818	
384	3819	3820	3821	3822	3823	3824	3825	3826	3827	3828	
385	3829	3830	3831	3832	3833	3834	3835	3836	3837	3838	
386	3839	3840	3841	3842	3843	3844	3845	3846	3847	3848	
387	3849	3850	3851	3852	3853	3854	3855	3856	3857	3858	
388	3859	3860	3861	3862	3863	3864	3865	3866	3867	3868	
389	3869	3870	3871	3872	3873	3874	3875	3876	3877	3878	
390	3879	3880	3881	3882	3883	3884	3885	3886	3887	3888	
391	3889	3890	3891	3892	3893	3894	3895	3896	3897	3898	
392	3899	3900	3901	3902	3903	3904	3905	3906	3907	3908	
393	3909	3910	3911	3912	3913	3914	3915	3916	3917	3918	
394	3919	3920	3921	3922	3923	3924	3925	3926	3927	3928	
395	3929	3930	3931	3932	3933	3934	3935	3936	3937	3938	
396	3939	3940	3941	3942	3943	3944	3945	3946	3947	3948	
397	3949	3950	3951	3952	3953	3954	3955	3956	3957	3958	
398	3959	3960	3961	3962	3963	3964	3965	3966	3967	3968	
399	3969	3970	3971	3972	3973	3974	3975	3976	3977	3978	
400	3979	3980	3981	3982	3983	3984	3985	3986	3987	3988	
401	3989	3990	3991	3992	3993	3994	3995	3996	3997	3998	
402	3999	4000	4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	4008	
403	4009	4010	4011	4012	4013	4014	4015	4016	4017	4018	
404	4019	4020	4021	4022	4023	4024	4025	4026	4027	4028	
405	4029	4030	4031	4032	4033	4034	4035	4036	4037	4038	
406	4039	4040	4041	4042	4043	4044	4045	4046	4047	4048	
407	4049	4050	4051	4052	4053	4054	4055	4056	4057	4058	
408	4059	4060	4061	4062	4063	4064	4065	4066	4067	4068	
409	4069	4070	4071	4072	4073	4074	4075	4076	4077	4078	
410	4079	4080	4081	4082	4083	4084	4085	4086	4087	4088	
411	4089	4090	4091	4092	4093	4094	4095	4096	4097	4098	
412	4099	4100	4101	4102	4103	4104	4105	4106	4107	4108	
413	4109	4110	4111	4112	4113	4114	4115	4116	4117	4118	
414	4119	4120	4121	4122	4123	4124	4125	4126	4127	4128	
415	4129	4130	4131	4132	4133	4134	4135	4136	4137	4138	
416	4139	4140	4141	4142	4143	4144	4145	4146	4147	4148	
417	4149	4150	4151	4152	4153	4154	4155	4156	4157	4158	
418	4159	4160	4161	4162	4163	4164	4165	4166	4167	4168	
419	4169	4170	4171	4172	4173	4174	4175	4176	4177	4178	
420	4179	4180	4181	4182	4183	4184	4185	4186	4187	4188	
421	4189	4190	4191	4192	4193	4194	4195	4196	4197	4198	
422	4199	4200	4201	4202	4203	4204	4205	4206	4207	4208	
423	4209	4210	4211	4212	4213	4214	4215	4216	4217	4218	
424	4219	4220	4221	4222	4223	4224	4225	4226	4227	4228	
425	4229	4230	4231	4232	4233	4234	4235	4236	4237	4238	
426	4239	4240	4241	4242	4243	4244	4245	4246	4247	4248	
427	4249	4250	4251	4252	4253	4254	4255	4256	4257	4258	
428	4259	4260	4261	4262	4263	4264	4265	4266	4267	4268	
429	4269	4270	4271	4272	4273	4274	4275	4276	4277	4278	
430	4279	4280	4281	4282	4283	4284	4285	4286	4287	4288	
431	4289	4290	4291	4292	4293	4294	4295	4296	4297	4298	
432	4299	4300	4301	4302	4303	4304	4305	4306	4307	4308	
433	4309	4310	4311	4312	4313	4314	4315	4316	4317	4318	
434	4319	4320	4321	4322	4323	4324	4325	4326	4327	4328	
435	4329	4330	4331	4332	4333	4334	4335	4336	4337	4338	
436	4339	4340	4341	4342	4343	4344	4345	4346	4347	4348	
437	4349	4350	4351	4352	4353	4354	4355	4356	4357	4358	
438	4359	4360	4361	4362	4363	4364	4365	4366	4367	4368	

DAFTAR X
MANTISA LOGARITMA BILANGAN-BILANGAN DARI 4380 SAMPAI DENGAN 5010

Bil.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P.5.
438	84147	84137	84127	84117	84107	84097	84087	84077	84067	84057	
439	84248	84238	84228	84218	84208	84198	84188	84178	84168	84158	
440	84349	84339	84329	84319	84309	84299	84289	84279	84269	84259	
441	84449	84439	84429	84419	84409	84399	84389	84379	84369	84359	
442	84549	84539	84529	84519	84509	84499	84489	84479	84469	84459	
443	84649	84639	84629	84619	84609	84599	84589	84579	84569	84559	
444	84749	84739	84729	84719	84709	84699	84689	84679	84669	84659	
445	84849	84839	84829	84819	84809	84799	84789	84779	84769	84759	
446	84949	84939	84929	84919	84909	84899	84889	84879	84869	84859	
447	85049	85039	85029	85019	85009	84999	84989	84979	84969	84959	
448	85149	85139	85129	85119	85109	85099	85089	85079	85069	85059	
449	85249	85239	85229	85219	85209	85199	85189	85179	85169	85159	
450	85349	85339	85329	85319	85309	85299	85289	85279	85269	85259	
451	85449	85439	85429	85419	85409	85399	85389	85379	85369	85359	
452	85549	85539	85529	85519	85509	85499	85489	85479	85469	85459	
453	85649	85639	85629	85619	85609	85599	85589	85579	85569	85559	
454	85749	85739	85729	85719	85709	85699	85689	85679	85669	85659	
455	85849	85839	85829	85819	85809	85799	85789	85779	85769	85759	
456	85949	85939	85929	85919	85909	85899	85889	85879	85869	85859	
457	86049	86039	86029	86019	86009	85999	85989	85979	85969	85959	
458	86149	86139	86129	86119	86109	86099	86089	86079	86069	86059	
459	86249	86239	86229	86219	86209	86199	86189	86179	86169	86159	
460	86349	86339	86329	86319	86309	86299	86289	86279	86269	86259	
461	86449	86439	86429	86419	86409	86399	86389	86379	86369	86359	
462	86549	86539	86529	86519	86509	86499	86489	86479	86469	86459	
463	86649	86639	86629	86619	86609	86599	86589	86579	86569	86559	
464	86749	86739	86729	86719	86709	86699	86689	86679	86669	86659	
465	86849	86839	86829	86819	86809	86799	86789	86779	86769	86759	
466	86949	86939	86929	86919	86909	86899	86889	86879	86869	86859	
467	87049	87039	87029	87019	87009	86999	86989	86979	86969	86959	
468	87149	87139	87129	87119	87109	87099	87089	87079	87069	87059	
469	87249	87239	87229	87219	87209	87199	87189	87179	87169	87159	
470	87349	87339	87329	87319	87309	87299	87289	87279	87269	87259	
471	87449	87439	87429	87419	87409	87399	87389	87379	87369	87359	
472	87549	87539	87529	87519	87509	87499	87489	87479	87469	87459	
473	87649	87639	87629	87619	87609	87599	87589	87579	87569	87559	
474	87749	87739	87729	87719	87709	87699	87689	87679	87669	87659	
475	87849	87839	87829	87819	87809	87799	87789	87779	87769	87759	
476	87949	87939	87929	87919	87909	87899	87889	87879	87869	87859	
477	88049	88039	88029	88019	88009	87999	87989	87979	87969	87959	
478	88149	88139	88129	88119	88109	88099	88089	88079	88069	88059	
479	88249	88239	88229	88219	88209	88199	88189	88179	88169	88159	
480	88349	88339	88329	88319	88309	88299	88289	88279	88269	88259	
481	88449	88439	88429	88419	88409	88399	88389	88379	88369	88359	
482	88549	88539	88529	88519	88509	88499	88489	88479	88469	88459	
483	88649	88639	88629	88619	88609	88599	88589	88579	88569	88559	
484	88749	88739	88729	88719	88709	88699	88689	88679	88669	88659	
485	88849	88839	88829	88819	88809	88799	88789	88779	88769	88759	
486	88949	88939	88929	88919	88909	88899	88889	88879	88869	88859	
487	89049	89039	89029	89019	89009	88999	88989	88979	88969	88959	
488	89149	89139	89129	89119	89109	89099	89089	89079	89069	89059	
489	89249	89239	89229	89219	89209	89199	89189	89179	89169	89159	
490	89349	89339	89329	89319	89309	89299	89289	89279	89269	89259	
491	89449	89439	89429	89419	89409	89399	89389	89379	89369	89359	
492	89549	89539	89529	89519	89509	89499	89489	89479	89469	89459	
493	89649	89639	89629	89619	89609	89599	89589	89579	89569	89559	
494	89749	89739	89729	89719	89709	89699	89689	89679	89669	89659	
495	89849	89839	89829	89819	89809	89799	89789	89779	89769	89759	
496	89949	89939	89929	89919	89909	89899	89889	89879	89869	89859	
497	90049	90039	90029	90019	90009	89999	89989	89979	89969	89959	
498	90149	90139	90129	90119	90109	90099	90089	90079	90069	90059	
499	90249	90239	90229	90219	90209	90199	90189	90179	90169	90159	
500	90349	90339	90329	90319	90309	90299	90289	90279	90269	90259	
501	90449	90439	90429	90419	90409	90399	90389	90379	90369	90359	
502	90549	90539	90529	90519	90509	90499	90489	90479	90469	90459	
503	90649	90639	90629	90619	90609	90599	90589	90579	90569	90559	
504	90749	90739	90729	90719	90709	90699	90689	90679	90669	90659	
505	90849	90839	90829	90819	90809	90799	90789	90779	90769	90759	
506	90949	90939	90929	90919	90909	90899	90889	90879	90869	90859	
507	91049	91039	91029	91019	91009	90999	90989	90979	90969	90959	
508	91149	91139	91129	91119	91109	91099	91089	91079	91069	91059	
509	91249	91239	91229	91219	91209	91199	91189	91179	91169	91159	
510	91349	91339	91329	91319	91309	91299	91289	91279	91269	91259	
511	91449	91439	91429	91419	91409	91399	91389	91379	91369	91359	
512	91549	91539	91529	91519	91509	91499	91489	91479	91469	91459	

DAFTAR X
MANTISA LOGARITMA BILANGAN-BILANGAN DARI 5010 SAMPAI DENGAN 5630

Bil.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P.S.
501	6994	6998	7001	7003	7005	7007	7009	7011	7013	7015	
502	7017	7019	7021	7023	7025	7027	7029	7031	7033	7035	
503	7037	7039	7041	7043	7045	7047	7049	7051	7053	7055	
504	7057	7059	7061	7063	7065	7067	7069	7071	7073	7075	
505	7077	7079	7081	7083	7085	7087	7089	7091	7093	7095	
506	7097	7100	7102	7104	7106	7108	7110	7112	7114	7116	
507	7118	7120	7122	7124	7126	7128	7130	7132	7134	7136	
508	7138	7140	7142	7144	7146	7148	7150	7152	7154	7156	
509	7158	7160	7162	7164	7166	7168	7170	7172	7174	7176	
510	7178	7180	7182	7184	7186	7188	7190	7192	7194	7196	
511	7198	7200	7202	7204	7206	7208	7210	7212	7214	7216	
512	7218	7220	7222	7224	7226	7228	7230	7232	7234	7236	
513	7238	7240	7242	7244	7246	7248	7250	7252	7254	7256	
514	7258	7260	7262	7264	7266	7268	7270	7272	7274	7276	
515	7278	7280	7282	7284	7286	7288	7290	7292	7294	7296	
516	7298	7300	7302	7304	7306	7308	7310	7312	7314	7316	
517	7318	7320	7322	7324	7326	7328	7330	7332	7334	7336	
518	7338	7340	7342	7344	7346	7348	7350	7352	7354	7356	
519	7358	7360	7362	7364	7366	7368	7370	7372	7374	7376	
520	7378	7380	7382	7384	7386	7388	7390	7392	7394	7396	
521	7398	7400	7402	7404	7406	7408	7410	7412	7414	7416	
522	7418	7420	7422	7424	7426	7428	7430	7432	7434	7436	
523	7438	7440	7442	7444	7446	7448	7450	7452	7454	7456	
524	7458	7460	7462	7464	7466	7468	7470	7472	7474	7476	
525	7478	7480	7482	7484	7486	7488	7490	7492	7494	7496	
526	7498	7500	7502	7504	7506	7508	7510	7512	7514	7516	
527	7518	7520	7522	7524	7526	7528	7530	7532	7534	7536	
528	7538	7540	7542	7544	7546	7548	7550	7552	7554	7556	
529	7558	7560	7562	7564	7566	7568	7570	7572	7574	7576	
530	7578	7580	7582	7584	7586	7588	7590	7592	7594	7596	
531	7598	7600	7602	7604	7606	7608	7610	7612	7614	7616	
532	7618	7620	7622	7624	7626	7628	7630	7632	7634	7636	
533	7638	7640	7642	7644	7646	7648	7650	7652	7654	7656	
534	7658	7660	7662	7664	7666	7668	7670	7672	7674	7676	
535	7678	7680	7682	7684	7686	7688	7690	7692	7694	7696	
536	7698	7700	7702	7704	7706	7708	7710	7712	7714	7716	
537	7718	7720	7722	7724	7726	7728	7730	7732	7734	7736	
538	7738	7740	7742	7744	7746	7748	7750	7752	7754	7756	
539	7758	7760	7762	7764	7766	7768	7770	7772	7774	7776	
540	7778	7780	7782	7784	7786	7788	7790	7792	7794	7796	
541	7798	7800	7802	7804	7806	7808	7810	7812	7814	7816	
542	7818	7820	7822	7824	7826	7828	7830	7832	7834	7836	
543	7838	7840	7842	7844	7846	7848	7850	7852	7854	7856	
544	7858	7860	7862	7864	7866	7868	7870	7872	7874	7876	
545	7878	7880	7882	7884	7886	7888	7890	7892	7894	7896	
546	7898	7900	7902	7904	7906	7908	7910	7912	7914	7916	
547	7918	7920	7922	7924	7926	7928	7930	7932	7934	7936	
548	7938	7940	7942	7944	7946	7948	7950	7952	7954	7956	
549	7958	7960	7962	7964	7966	7968	7970	7972	7974	7976	
550	7978	7980	7982	7984	7986	7988	7990	7992	7994	7996	
551	7998	8000	8002	8004	8006	8008	8010	8012	8014	8016	
552	8018	8020	8022	8024	8026	8028	8030	8032	8034	8036	
553	8038	8040	8042	8044	8046	8048	8050	8052	8054	8056	
554	8058	8060	8062	8064	8066	8068	8070	8072	8074	8076	
555	8078	8080	8082	8084	8086	8088	8090	8092	8094	8096	
556	8098	8100	8102	8104	8106	8108	8110	8112	8114	8116	
557	8118	8120	8122	8124	8126	8128	8130	8132	8134	8136	
558	8138	8140	8142	8144	8146	8148	8150	8152	8154	8156	
559	8158	8160	8162	8164	8166	8168	8170	8172	8174	8176	
560	8178	8180	8182	8184	8186	8188	8190	8192	8194	8196	
561	8198	8200	8202	8204	8206	8208	8210	8212	8214	8216	
562	8218	8220	8222	8224	8226	8228	8230	8232	8234	8236	
563	8238	8240	8242	8244	8246	8248	8250	8252	8254	8256	
Bil.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P.S.

A

DAFTAR XI

P 22°30' s/d 30°

Lat	30'	45'	01'	15'	30'	45'	01'	15'	30'	45'	01'	15'	30'	45'	01'	15'	30'	45'	Lat
0'	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0'
1	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	1
2	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	0,88	0,96	1,04	1,12	1,20	1,28	1,36	1,44	2
3	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72	0,84	0,96	1,08	1,20	1,32	1,44	1,56	1,68	1,80	1,92	2,04	2,16	3
4	0,17	0,33	0,49	0,65	0,81	0,97	1,13	1,29	1,45	1,61	1,77	1,93	2,09	2,25	2,41	2,57	2,73	2,89	4
5	0,21	0,41	0,61	0,81	1,01	1,21	1,41	1,61	1,81	2,01	2,21	2,41	2,61	2,81	3,01	3,21	3,41	3,61	5
6	0,25	0,49	0,73	0,97	1,21	1,45	1,69	1,93	2,17	2,41	2,65	2,89	3,13	3,37	3,61	3,85	4,09	4,33	6
7	0,29	0,57	0,85	1,13	1,41	1,69	1,97	2,25	2,53	2,81	3,09	3,37	3,65	3,93	4,21	4,49	4,77	5,05	7
8	0,34	0,65	1,01	1,37	1,73	2,09	2,45	2,81	3,17	3,53	3,89	4,25	4,61	4,97	5,33	5,69	6,05	6,41	8
9	0,38	0,77	1,21	1,61	1,99	2,37	2,75	3,13	3,51	3,89	4,27	4,65	5,03	5,41	5,79	6,17	6,55	6,93	9
10	0,43	0,87	1,37	1,85	2,31	2,77	3,23	3,69	4,15	4,61	5,07	5,53	5,99	6,45	6,91	7,37	7,83	8,29	10
11	0,47	0,99	1,53	2,09	2,65	3,21	3,77	4,33	4,89	5,45	6,01	6,57	7,13	7,69	8,25	8,81	9,37	9,93	11
12	0,51	1,11	1,73	2,35	2,97	3,59	4,21	4,83	5,45	6,07	6,69	7,31	7,93	8,55	9,17	9,79	10,41	11,03	12
13	0,55	1,23	1,93	2,61	3,29	3,97	4,65	5,33	6,01	6,69	7,37	8,05	8,73	9,41	10,09	10,77	11,45	12,13	13
14	0,59	1,35	2,13	2,85	3,57	4,29	5,01	5,73	6,45	7,17	7,89	8,61	9,33	10,05	10,77	11,49	12,21	12,93	14
15	0,63	1,47	2,33	3,13	3,85	4,57	5,29	6,01	6,73	7,45	8,17	8,89	9,61	10,33	11,05	11,77	12,49	13,21	15
16	0,67	1,59	2,53	3,35	4,07	4,79	5,51	6,23	6,95	7,67	8,39	9,11	9,83	10,55	11,27	12,00	12,71	13,43	16
17	0,71	1,71	2,73	3,55	4,27	5,00	5,72	6,45	7,17	7,89	8,61	9,33	10,05	10,77	11,49	12,21	12,93	13,65	17
18	0,75	1,83	2,93	3,75	4,47	5,20	5,92	6,65	7,37	8,09	8,81	9,53	10,25	10,97	11,69	12,41	13,13	13,85	18
19	0,79	1,95	3,13	3,95	4,67	5,40	6,12	6,85	7,57	8,29	9,01	9,73	10,45	11,17	11,89	12,61	13,33	14,05	19
20	0,83	2,07	3,33	4,15	4,87	5,60	6,32	7,05	7,77	8,49	9,21	9,93	10,65	11,37	12,09	12,81	13,53	14,25	20
21	0,87	2,19	3,53	4,35	5,07	5,80	6,52	7,25	7,97	8,69	9,41	10,13	10,85	11,57	12,29	13,01	13,73	14,45	21
22	0,91	2,31	3,73	4,55	5,27	6,00	6,72	7,45	8,17	8,89	9,61	10,33	11,05	11,77	12,49	13,21	13,93	14,65	22
23	0,95	2,43	3,93	4,75	5,47	6,20	6,92	7,65	8,37	9,09	9,81	10,53	11,25	11,97	12,69	13,41	14,13	14,85	23
24	0,99	2,55	4,13	4,95	5,67	6,40	7,12	7,85	8,57	9,29	10,01	10,73	11,45	12,17	12,89	13,61	14,33	15,05	24
25	1,03	2,67	4,33	5,15	5,87	6,60	7,32	8,05	8,77	9,49	10,21	10,93	11,65	12,37	13,09	13,81	14,53	15,25	25
26	1,07	2,79	4,53	5,35	6,07	6,80	7,52	8,25	8,97	9,69	10,41	11,13	11,85	12,57	13,29	14,01	14,73	15,45	26
27	1,11	2,91	4,73	5,55	6,27	7,00	7,72	8,45	9,17	9,89	10,61	11,33	12,05	12,77	13,49	14,21	14,93	15,65	27
28	1,15	3,03	4,93	5,75	6,47	7,20	7,92	8,65	9,37	10,09	10,81	11,53	12,25	12,97	13,69	14,41	15,13	15,85	28
29	1,19	3,15	5,13	5,95	6,67	7,40	8,12	8,85	9,57	10,29	11,01	11,73	12,45	13,17	13,89	14,61	15,33	16,05	29
30	1,23	3,27	5,33	6,15	6,87	7,60	8,32	9,05	9,77	10,49	11,21	11,93	12,65	13,37	14,09	14,81	15,53	16,25	30
31	1,27	3,39	5,53	6,35	7,07	7,80	8,52	9,25	9,97	10,69	11,41	12,13	12,85	13,57	14,29	15,01	15,73	16,45	31
32	1,31	3,51	5,73	6,55	7,27	8,00	8,72	9,45	10,17	10,89	11,61	12,33	13,05	13,77	14,49	15,21	15,93	16,65	32
33	1,35	3,63	5,93	6,75	7,47	8,20	8,92	9,65	10,37	11,09	11,81	12,53	13,25	13,97	14,69	15,41	16,13	16,85	33
34	1,39	3,75	6,13	6,95	7,67	8,40	9,12	9,85	10,57	11,29	12,01	12,73	13,45	14,17	14,89	15,61	16,33	17,05	34
35	1,43	3,87	6,33	7,15	7,87	8,60	9,32	10,05	10,77	11,49	12,21	12,93	13,65	14,37	15,09	15,81	16,53	17,25	35
36	1,47	3,99	6,53	7,35	8,07	8,80	9,52	10,25	10,97	11,69	12,41	13,13	13,85	14,57	15,29	16,01	16,73	17,45	36
37	1,51	4,11	6,73	7,55	8,27	9,00	9,72	10,45	11,17	11,89	12,61	13,33	14,05	14,77	15,49	16,21	16,93	17,65	37
38	1,55	4,23	6,93	7,75	8,47	9,20	9,92	10,65	11,37	12,09	12,81	13,53	14,25	14,97	15,69	16,41	17,13	17,85	38
39	1,59	4,35	7,13	7,95	8,67	9,40	10,12	10,85	11,57	12,29	13,01	13,73	14,45	15,17	15,89	16,61	17,33	18,05	39
40	1,63	4,47	7,33	8,15	8,87	9,60	10,32	11,05	11,77	12,49	13,21	13,93	14,65	15,37	16,09	16,81	17,53	18,25	40
41	1,67	4,59	7,53	8,35	9,07	9,80	10,52	11,25	11,97	12,69	13,41	14,13	14,85	15,57	16,29	17,01	17,73	18,45	41
42	1,71	4,71	7,73	8,55	9,27	10,00	10,72	11,45	12,17	12,89	13,61	14,33	15,05	15,77	16,49	17,21	17,93	18,65	42
43	1,75	4,83	7,93	8,75	9,47	10,20	10,92	11,65	12,37	13,09	13,81	14,53	15,25	15,97	16,69	17,41	18,13	18,85	43
44	1,79	4,95	8,13	8,95	9,67	10,40	11,12	11,85	12,57	13,29	14,01	14,73	15,45	16,17	16,89	17,61	18,33	19,05	44
45	1,83	5,07	8,33	9,15	9,87	10,60	11,32	12,05	12,77	13,49	14,21	14,93	15,65	16,37	17,09	17,81	18,53	19,25	45
46	1,87	5,19	8,53	9,35	10,07	10,80	11,52	12,25	12,97	13,69	14,41	15,13	15,85	16,57	17,29	18,01	18,73	19,45	46
47	1,91	5,31	8,73	9,55	10,27	11,00	11,72	12,45	13,17	13,89	14,61	15,33	16,05	16,77	17,49	18,21	18,93	19,65	47
48	1,95	5,43	8,93	9,75	10,47	11,20	11,92	12,65	13,37	14,09	14,81	15,53	16,25	16,97	17,69	18,41	19,13	19,85	48
49	1,99	5,55	9,13	9,95	10,67	11,40	12,12	12,85	13,57	14,29	15,01	15,73	16,45	17,17	17,89	18,61	19,33	20,05	49
50	2,03	5,67	9,33	10,15	10,87	11,60	12,32	13,05	13,77	14,49	15,21	15,93	16,65	17,37	18,09	18,81	19,53	20,25	50
51	2,07	5,79	9,53	10,35	11,07	11,80	12,52	13,25	13,97	14,69	15,41	16,13	16,85	17,57	18,29	19,01	19,73	20,45	51
52	2,11	5,91	9,73	10,55	11,27	12,00	12,72	13,45	14,17	14,89	15,61	16,33	17,05	17,77	18,49	19,21	19,93	20,65	52
53	2,15	6,03	9,93	10,75	11,47	12,20	12,92	13,65	14,37	15,09	15,81	16,53	17,25	17,97	18,69	19,41	20,13	20,85	53
54	2,19	6,15	10,13	10,95	11,67	12,40	13,12	13,85	14,57	15,29	16,01	16,73	17,45	18,17	18,89	19,61	20,33	21,05	54
55	2,23	6,27	10,33	11,15	11,87	12,60	13,32	14,05	14,77	15,49	16,21	16,93	17,65	18,37	19,09	19,81	20,53	21,25	55
56	2,27	6,39	10,53	11,35	12,07	12,80	13,52	14,25	14,97	15,69	16,41	17,13	17,85	18,57	19,29	20,01	20,73	21,45	56
57	2,31	6,51	10,73	11,55	12,27	13,00	13,72	14,45	15,17	15,89	16,61	17,33	18,05	18,77	19,49	20,21	20,93	21,65	57
58	2,35	6,63	10,93	11,75	12,47	13,20	13,92	14,65	15,37	16,09	16,81	17,53	18,25	18,97	19,69	20,41	21,13	21,85	58
59	2,39	6,75	11,13	11,95	12,67	13,40	14,12	14,85	15,57	16,29	17,01	17,73	18,45	19,17	19,89	20,61	21,33	22,05	59
60	2,43	6,87	11,33	12,15	12,87	13,60	14,32	15,05	15,77	16,49	17,21	17,93	18,65	19,37	20,09	20,81	21,53	22,25	60
61	2,47	6,99	11,53	12,35	13,07	13,80	14,52	15,25	15,97	16,69	17,41	18,13	18,85	19,57	20,29	21,01	21,73	22,45	61
62	2,51	7,11	11,73	12,55	13,27	14,00	14,72	15,45	16,17	16,89	17,61	18,33	19,05	19,77	20,49	21,21	21,93	22,65	62
63	2,55	7,23	11,93	12,75	13,47	14,20	14,92	15,65	16,3										

A

DAFTAR XI

P 30° s/d 37°30'

Line	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	45°	Line
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1
2	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	2
3	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	3
4	0,09	0,07	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	4
5	0,12	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	5
6	0,15	0,13	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	6
7	0,18	0,16	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	7
8	0,21	0,19	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	8
9	0,24	0,22	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	9
10	0,27	0,25	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	10
11	0,30	0,28	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	11
12	0,33	0,31	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	12
13	0,36	0,34	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	13
14	0,39	0,37	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	14
15	0,42	0,40	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	15
16	0,45	0,43	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	16
17	0,48	0,46	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	17
18	0,51	0,49	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	18
19	0,54	0,52	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	19
20	0,57	0,55	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	20
21	0,60	0,58	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	21
22	0,63	0,61	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	22
23	0,66	0,64	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	23
24	0,69	0,67	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	24
25	0,72	0,70	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	25
26	0,75	0,73	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	26
27	0,78	0,76	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	27
28	0,81	0,79	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	28
29	0,84	0,82	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	29
30	0,87	0,85	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	30
31	0,90	0,88	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	31
32	0,93	0,91	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	32
33	0,96	0,94	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	33
34	0,99	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	34
35	1,02	1,00	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	35
36	1,05	1,03	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	36
37	1,08	1,06	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	37
38	1,11	1,09	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	38
39	1,14	1,12	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	39
40	1,17	1,15	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	40
41	1,20	1,18	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	41
42	1,23	1,21	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	42
43	1,26	1,24	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	43
44	1,29	1,27	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	44
45	1,32	1,30	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	45
46	1,35	1,33	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	46
47	1,38	1,36	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	47
48	1,41	1,39	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	48
49	1,44	1,42	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	49
50	1,47	1,45	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	50
51	1,50	1,48	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	51
52	1,53	1,51	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	52
53	1,56	1,54	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	53
54	1,59	1,57	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	54
55	1,62	1,60	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	55
56	1,65	1,63	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	56
57	1,68	1,66	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	57
58	1,71	1,69	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	58
59	1,74	1,72	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	59
60	1,77	1,75	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	60
61	1,80	1,78	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	61
62	1,83	1,81	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	62
63	1,86	1,84	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	63
64	1,89	1,87	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	64
65	1,92	1,90	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	65
66	1,95	1,93	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	66
67	1,98	1,96	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	67
68	2,01	1,99	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	68
69	2,04	2,02	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	69
70	2,07	2,05	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	70
71	2,10	2,08	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	71
72	2,13	2,11	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	72
73	2,16	2,14	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	73

Line P 141° 30' 142° 30' 143° 30' 144° 30' 145° 30' 146° 30' 147° 30' 148° 30' 149° 30' 150° 30' Line

dan dan dan semua } P < 90° adalah A + B (T) terpot

C

DAFTAR XII

T 1°s/d 16°

Lat	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	12'	13'	14'	15'	16'	Lat
0°	17.1	17.5	18.1	18.7	19.4	20.1	20.8	21.5	22.3	23.1	23.9	24.7	25.5	26.3	27.1	27.9	0°
1	17.2	17.6	18.2	18.8	19.5	20.2	20.9	21.6	22.4	23.2	24.0	24.8	25.6	26.4	27.2	28.0	1
2	17.3	17.7	18.3	18.9	19.6	20.3	21.0	21.7	22.5	23.3	24.1	24.9	25.7	26.5	27.3	28.1	2
3	17.4	17.8	18.4	19.0	19.7	20.4	21.1	21.8	22.6	23.4	24.2	25.0	25.8	26.6	27.4	28.2	3
4	17.5	17.9	18.5	19.1	19.8	20.5	21.2	21.9	22.7	23.5	24.3	25.1	25.9	26.7	27.5	28.3	4
5	17.6	18.0	18.6	19.2	19.9	20.6	21.3	22.0	22.8	23.6	24.4	25.2	26.0	26.8	27.6	28.4	5
6	17.7	18.1	18.7	19.3	20.0	20.7	21.4	22.1	22.9	23.7	24.5	25.3	26.1	26.9	27.7	28.5	6
7	17.7	18.0	18.3	18.6	18.9	19.2	19.5	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	7
8	17.8	18.0	18.3	18.6	18.9	19.2	19.5	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	8
9	18.0	18.0	18.3	18.5	18.8	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.0	9
10	18.2	18.1	18.4	18.6	18.9	19.2	19.5	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	10
11	18.4	18.2	18.5	18.8	19.1	19.4	19.7	20.0	20.3	20.6	20.9	21.2	21.5	21.8	22.1	22.4	11
12	18.6	18.3	18.6	18.9	19.2	19.5	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	12
13	18.8	18.4	18.7	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6	13
14	19.0	18.5	18.8	19.1	19.4	19.7	20.0	20.3	20.6	20.9	21.2	21.5	21.8	22.1	22.4	22.7	14
15	19.2	18.6	18.9	19.2	19.5	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	15
16	19.4	18.7	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6	22.9	16
17	19.6	18.8	19.1	19.4	19.7	20.0	20.3	20.6	20.9	21.2	21.5	21.8	22.1	22.4	22.7	23.0	17
18	19.8	18.9	19.2	19.5	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	18
19	20.0	19.1	19.4	19.7	20.0	20.3	20.6	20.9	21.2	21.5	21.8	22.1	22.4	22.7	23.0	23.3	19
20	20.2	19.3	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	20
21	20.4	19.5	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	21
22	20.6	19.7	20.0	20.3	20.6	20.9	21.2	21.5	21.8	22.1	22.4	22.7	23.0	23.3	23.6	23.9	22
23	20.8	19.9	20.2	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	23.8	24.1	23
24	21.0	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.3	24
25	21.2	20.3	20.6	20.9	21.2	21.5	21.8	22.1	22.4	22.7	23.0	23.3	23.6	23.9	24.2	24.5	25
26	21.4	20.5	20.8	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	23.8	24.1	24.4	24.7	26
27	21.6	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.3	24.6	24.9	27
28	21.8	20.9	21.2	21.5	21.8	22.1	22.4	22.7	23.0	23.3	23.6	23.9	24.2	24.5	24.8	25.1	28
29	22.0	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	23.8	24.1	24.4	24.7	25.0	25.3	29
30	22.2	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.3	24.6	24.9	25.2	25.5	30
31	22.4	21.5	21.8	22.1	22.4	22.7	23.0	23.3	23.6	23.9	24.2	24.5	24.8	25.1	25.4	25.7	31
32	22.6	21.7	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	23.8	24.1	24.4	24.7	25.0	25.3	25.6	25.9	32
33	22.8	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.3	24.6	24.9	25.2	25.5	25.8	26.1	33
34	23.0	22.1	22.4	22.7	23.0	23.3	23.6	23.9	24.2	24.5	24.8	25.1	25.4	25.7	26.0	26.3	34
35	23.2	22.3	22.6	22.9	23.2	23.5	23.8	24.1	24.4	24.7	25.0	25.3	25.6	25.9	26.2	26.5	35
36	23.4	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.3	24.6	24.9	25.2	25.5	25.8	26.1	26.4	26.7	36
37	23.6	22.7	23.0	23.3	23.6	23.9	24.2	24.5	24.8	25.1	25.4	25.7	26.0	26.3	26.6	26.9	37
38	23.8	22.9	23.2	23.5	23.8	24.1	24.4	24.7	25.0	25.3	25.6	25.9	26.2	26.5	26.8	27.1	38
39	24.0	23.1	23.4	23.7	24.0	24.3	24.6	24.9	25.2	25.5	25.8	26.1	26.4	26.7	27.0	27.3	39
40	24.2	23.3	23.6	23.9	24.2	24.5	24.8	25.1	25.4	25.7	26.0	26.3	26.6	26.9	27.2	27.5	40
41	24.4	23.5	23.8	24.1	24.4	24.7	25.0	25.3	25.6	25.9	26.2	26.5	26.8	27.1	27.4	27.7	41
42	24.6	23.7	24.0	24.3	24.6	24.9	25.2	25.5	25.8	26.1	26.4	26.7	27.0	27.3	27.6	27.9	42
43	24.8	23.9	24.2	24.5	24.8	25.1	25.4	25.7	26.0	26.3	26.6	26.9	27.2	27.5	27.8	28.1	43
44	25.0	24.1	24.4	24.7	25.0	25.3	25.6	25.9	26.2	26.5	26.8	27.1	27.4	27.7	28.0	28.3	44
45	25.2	24.3	24.6	24.9	25.2	25.5	25.8	26.1	26.4	26.7	27.0	27.3	27.6	27.9	28.2	28.5	45
46	25.4	24.5	24.8	25.1	25.4	25.7	26.0	26.3	26.6	26.9	27.2	27.5	27.8	28.1	28.4	28.7	46
47	25.6	24.7	25.0	25.3	25.6	25.9	26.2	26.5	26.8	27.1	27.4	27.7	28.0	28.3	28.6	28.9	47
48	25.8	24.9	25.2	25.5	25.8	26.1	26.4	26.7	27.0	27.3	27.6	27.9	28.2	28.5	28.8	29.1	48
49	26.0	25.1	25.4	25.7	26.0	26.3	26.6	26.9	27.2	27.5	27.8	28.1	28.4	28.7	29.0	29.3	49
50	26.2	25.3	25.6	25.9	26.2	26.5	26.8	27.1	27.4	27.7	28.0	28.3	28.6	28.9	29.2	29.5	50
51	26.4	25.5	25.8	26.1	26.4	26.7	27.0	27.3	27.6	27.9	28.2	28.5	28.8	29.1	29.4	29.7	51
52	26.6	25.7	26.0	26.3	26.6	26.9	27.2	27.5	27.8	28.1	28.4	28.7	29.0	29.3	29.6	29.9	52
53	26.8	25.9	26.2	26.5	26.8	27.1	27.4	27.7	28.0	28.3	28.6	28.9	29.2	29.5	29.8	30.1	53
54	27.0	26.1	26.4	26.7	27.0	27.3	27.6	27.9	28.2	28.5	28.8	29.1	29.4	29.7	30.0	30.3	54
55	27.2	26.3	26.6	26.9	27.2	27.5	27.8	28.1	28.4	28.7	29.0	29.3	29.6	29.9	30.2	30.5	55
56	27.4	26.5	26.8	27.1	27.4	27.7	28.0	28.3	28.6	28.9	29.2	29.5	29.8	30.1	30.4	30.7	56
57	27.6	26.7	27.0	27.3	27.6	27.9	28.2	28.5	28.8	29.1	29.4	29.7	30.0	30.3	30.6	30.9	57
58	27.8	26.9	27.2	27.5	27.8	28.1	28.4	28.7	29.0	29.3	29.6	29.9	30.2	30.5	30.8	31.1	58
59	28.0	27.1	27.4	27.7	28.0	28.3	28.6	28.9	29.2	29.5	29.8	30.1	30.4	30.7	31.0	31.3	59
60	28.2	27.3	27.6	27.9	28.2	28.5	28.8	29.1	29.4	29.7	30.0	30.3	30.6	30.9	31.2	31.5	60
61	28.4	27.5	27.8	28.1	28.4	28.7	29.0	29.3	29.6	29.9	30.2	30.5	30.8	31.1	31.4	31.7	61
62	28.6	27.7	28.0	28.3	28.6	28.9	29.2	29.5	29.8	30.1	30.4	30.7	31.0	31.3	31.6	31.9	62
63	28.8	27.9	28.2	28.5	28.8	29.1	29.4	29.7	30.0	30.3	30.6	30.9	31.2	31.5	31.8	32.1	63
64	29.0	28.1	28.4	28.7	29.0	29.3	29.6	29.9	30.2	30.5	30.8	31.1	31.4	31.7	32.0	32.3	64
65	29.2	28.3	28.6	28.9	29.2	29.5	29.8	30.1	30.4	30.7	31.0	31.3	31.6	31.9	32.2	32.5	65
66	29.4	28.5	28.8	29.1	29.4	29.7	30.0	30.3	30.6	30.9	31.2	31.5	31.8	32.1	32.4	32.7	66
67	29.6	28.7	29.0	29.3	29.6	29.9	30.2	30.5	30.8	31.1	31.4	31.7	32.0	32.3	32.6	32.9	67
68	29.8	28.9	29.2	29.5	29.8	30.1	30.4	30.7	31.0	31.3	31.6	31.9	32.2	32.5	32.8	33.1	68
69	30.0	29.1	29.4	29.7	30.0	30.3	30.6	30.9	31.2	31.5	31.8	32.1	32.4	32.7	33.0	33.3	69
70	30.2	29.3	29.6	29.9	30.2	30.5	30.8	31.1	31.4	31.7	32.0	32.3	32.6	32.9	33.2	33.5	70
71	30.4	29.5	29.8	30.1	30.4	30.7	31.0	31.3	31.6	31.9	32.2	32.5	32.8	33.1	33.4	33.7	71
72	30.6	29.7	30.0	30.3	30.6	30.9	31.2	31.5	31.8	32.1	32.4	32.7	33.0	33.3	33.6	33.9	72
Lat	179°	178°	177°	176°	175°	174°	173°	172°	171°	170°	169°	168°	167°	166°	165°	164°	Lat

Carilah



AMaFRaD  PRESS

Diterbitkan oleh :
AMAFRAD Press
Badan Riset dan Sumber Daya Manusia
Kelautan dan Perikanan
Gedung Mina Bahari III lantai 6
Jl. Medan Merdeka Timur No. 16, Jakarta Pusat 10110
Telp. (021) 3513300 Fax: (021)3513287
Email : amafradpress@gmail.com
No. Anggota IKAPI:501/DKI/2014

