

DINAMIKA PESISIR DI KECAMATAN SAYUNG, DEMAK, JAWA TENGAH

Tinjauan Kerentanan Pesisir Regional di Pantai Utara Pulau Jawa
Berdasarkan Geo-Oceanografi dan Citra Satelit



**Koko Ondara
Ruzana Dhiauddin
Wisnu Arya Gemilang**

**DINAMIKA PESISIR DI KECAMATAN SAYUNG, DEMAK,
JAWA TENGAH**

Tinjauan Kerentanan Pesisir Regional di Pantai Utara Pulau Jawa
Berdasarkan Geo-Oceanografi dan Citra Satelit

**Koko Ondara
Ruzana Dhiauddin
Wisnu Arya Gemilang**

AMaFRaD  PRESS

DINAMIKA PESISIR DI KECAMATAN SAYUNG, DEMAK, JAWA TENGAH

Tinjauan Kerentanan Pesisir Regional di Pantai Utara Pulau Jawa Berdasarkan
Geo-Oseanografi dan Citra Satelit

Penulis:

**Koko Ondara
Ruzana Dhiauddin
Wisnu Arya Gemilang**

Editor:

Dr-Ing. Widodo S. Pranowo, M.Si

Perancang Sampul :

Koko Ondara

Jumlah halaman :

xi + 119 halaman

Edisi/Cetakan :

Cetakan pertama, 2018

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
Nomor IKAPI: 501/DKI/2014**

P-ISBN : 978-602-5791-44-4

e-ISBN : 978-602-5791-45-1

©2018, Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang.

Diperbolehkan mengutip sebagian atau seluruh isi buku dengan mencantumkan sumber referensi

Dilarang memproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak Cipta dilindungi oleh Undang-undang No. 28 Tahun 2014
All Rights Reserved

SAMBUTAN

KEPALA LOKA RISET SUMBER DAYA DAN KERENTANAN PESISIR

Penataan ruang dapat dijadikan alat mitigasi bencana di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Berdasarkan data yang ada, lebih dari 110 juta jiwa penduduk Indonesia tinggal di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil dengan kondisi rawan bencana alam termasuk bencana yang berasal dari laut. Diharapkan, pemerintah daerah dengan dukungan pemerintah pusat dapat menerjemahkan bencana tersebut ke dalam penataan ruang di daerahnya. Ancaman bencana yang terjadi pada wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil secara umum di Indonesia dapat berbentuk banjir, erosi, abrasi, rob (genangan air laut saat pasang) serta tsunami. Khusus daerah pesisir Kecamatan Sayung merupakan wilayah abrasi di Kabupaten Demak yang terkena dampak paling parah dari kenaikan muka air laut dan erosi.

Salah satu peran penelitian dalam bencana yang terjadi di kawasan pesisir adalah menyediakan data dan informasi serta pengetahuan kepada instansi terkait, masyarakat, serta seluruh pihak yang berhubungan langsung dengan aktivitas di kawasan pesisir. Oleh karena itu, Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir mengeluarkan buku “Dinamika Pesisir di Kecamatan Sayung, Demak, Jawa Tengah: Tinjauan Kerentanan Pesisir Regional di Pantai Utara Pulau Jawa Berdasarkan Geo-Oseanografi dan Citra Satelit”.

Saya mengucapkan terima kasih kepada para peneliti dan tim penyusun yang telah bekerja keras menyelesaikan buku ini. Saya juga mengucapkan terima kasih atas dukungan Pusat Riset Kelautan dan juga Badan Riset dan Sumber Daya Manusia, Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Demak, serta semua pihak yang memberikan dukungan baik berupa data, informasi, saran, dan masukan yang membangun hingga buku ini selesai.

Semoga buku ini dapat memberikan sumbangsih dalam penanganan bencana di pesisir, serta pengelolaan dan konservasi kawasan pesisir untuk kemajuan dan kesejahteraan masyarakat Indonesia.

Padang, Mei 2018

Nia Naelul Hasanah Ridwan, S.S., M.Soc.Sc.

KATA PENGANTAR

***Alhamdulillah.* Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami, tim penyusun dapat menyelesaikan buku ini dengan lancar. Kecamatan Sayung yang berada di Kabupaten Demak, Jawa Tengah merupakan salah satu wilayah yang mengalami abrasi di Indonesia selama kurun waktu kurang lebih 11 tahun. Berdasarkan data hasil kompilasi dari berbagai sumber, pada tahun 2002 tercatat 145,50 hektar wilayah pesisir pantai di Demak terkikis abrasi, kerusakan pantai itu melonjak lima kali lipat pada tahun 2005, yakni mencapai 758,30 hektar.**

Beberapa kegiatan penanganan sudah dilakukan oleh berbagai pihak untuk mengurangi dampak dari abrasi yang semakin parah dan menimbulkan ancaman tersebut. Materi buku ini mengkaji kembali proses hidro-oseanografi dan dinamika pesisir di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak untuk mengetahui kerentanan pesisir dan dampak negatif yang ditimbulkan terkait masalah abrasi dan mitigasi bencana. Data dan informasi yang di peroleh dari buku ini dapat dijadikan sebagai pijakan dalam pengambilan kebijakan terkait penanganan yang akan terus terjadi.

Kami mengucapkan terima kasih kepada Menteri Kementerian Kelautan Perikanan, Pusat Riset Kelautan, BRSDMKP, Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Demak, Bappeda Kabupaten Demak, dan para pegawai Kecamatan Sayung. Selain itu, kami turut mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Oseanografi Universitas Diponegoro dan Program Studi Teknik Kelautan Institut Teknologi Bandung atas kerjasama yang telah dilakukan selama kegiatan penelitian ini berlangsung. Kepada pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan kontribusi terhadap penyusunan buku ini, kami ucapkan terima kasih. Akhirnya, kami menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi kami berharap semoga buku ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca

Padang, Mei 2018

Tim Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Prof. Dr. Ir. Ketut Sugama, M.Sc, A.Pu, Prof. Dr. Ir. Sonny Koeshendrajana, Prof. Dr. Ir. Ngurah N. Wiadnyana, DEA., Dr. Singgih Wibowo, M.S, Dr. Ir. I Nyoman Suyasa, M.S, dan Dr-Ing. Widodo S. Pranowo, M.Si., yang telah mengkoreksi dan memberikan saran kepada penulis sehingga buku ini menjadi lebih sempurna dalam penyajian dan materi buku yang menjadi lebih baik.

Ucapan terima kasih tak lupa penulis sampaikan kepada:

Orang tua kami, istri Penulis Koko Ondara, Frahya Minanti Siregar., S.Si., M.Si., M. Zulficar Mochtar, S.St., M.Sc., selaku mantan Kepala Badan Riset dan Sumber Daya Manusia, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Drs. Riyanto Basuki, M.Si., Kepala Pusat Riset Kelautan, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Gunardi Kusumah, M.T., Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman (Mantan Kepala Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, Kepala Pusat Riset Kelautan), Kepala Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir Nia Naelul Hasanah Ridwan M.Soc.Sc., H.M. Natsir, Bupati Demak, Jawa Tengah. Hari Adi Soesilo, Kepala Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Demak, Jawa Tengah, serta rekan-rekan peneliti dan teknisi atas bantuannya secara administratif dan teknis, sehingga buku ini dapat diterbitkan.

DAFTAR ISI

SAMBUTAN.....	ii
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	xi
1. Pendahuluan	1
2. Teori Hidro Oseanografi Wilayah Pesisir	4
2.1 Hidro-Oseanografi.....	4
2.1.1 Pasang Surut.....	4
2.1.2 Hidrodinamika Arus dan Gelombang	6
2.1.3 Parameter Kualitas Perairan.....	8
2.2 Wilayah Pesisir	11
2.2.1 Defenisi Pesisir	11
2.2.2 Model Geospasial.....	12
2.2.3 Geomorfologi Pesisir	12
2.2.4 Antropogenik Pesisir	13
2.3 Dinamika Pesisir	13
2.3.1. Akresi dan Sedimentasi	13
2.3.2 Metode Analisis Sedimen.....	14
2.3.2.1 Metode Analisis Statistik Granulometri	14
2.3.2.2 Metode Analisis Isotop Alami Pb-210	17
2.3.2.3 Metode Perhitungan Laju Sedimentasi	17
2.4 Dampak perubahan iklim.....	18
2.4.1 Kenaikan Muka Air Laut	18
2.4.2 Banjir Rob.....	19
2.4.3 Penataan Ruang Sebagai Alat Mitigasi Bencana	20
3. Profil Kecamatan Sayung.....	20
3.1 Wilayah dan Topografi.....	20
3.2 Kondisi Ekologi	21
3.3 Iklim.....	22
3.4 Suhu	22
3.5 Potensi Abrasi dan Akresi.....	22

4.	Kondisi Hidrodinamika Perairan Sayung	25
4.1	Kedalaman Perairan	25
4.1.1	Batimetri Pesisir <i>in situ</i>	25
4.1.2	Kemiringan dan Profil Pantai.....	27
4.2	Pasang Surut, Suhu dan Arus	28
4.2.1	Analisis Pergerakan Arus di Sekitar <i>Permiable Dam</i>	35
4.3	Kualitas Perairan.....	37
4.3.1	Parameter Fisika Perairan.....	40
4.3.1.1	Densitas.....	40
4.3.1.2	Salinitas	41
4.3.1.3	Suhu Permukaan Laut	42
4.3.1.4	Hubungan antara SPL, Salinitas dan Densitas	43
4.3.1.5	Turbidity	44
4.3.1.6	Konduktivitas.....	45
4.3.2	Parameter Kimia Perairan	47
4.3.2.1	Derajat keasaman (pH).....	47
4.3.2.2	Dissolve Oxygen (DO)	48
4.3.2.3	Total Suspended Solid (TSS)	49
4.3.2.4	Biological Oxygen Demand (BOD).....	51
4.3.2.5	Fosfat.....	52
4.3.2.6	Nitrat	53
4.3.2.7	Amonia.....	54
4.3.2.8	Klorofil.....	56
4.3.2.9	Sulfat	57
4.3.2.10	MBAS.....	57
4.4	Interaksi Laut dan Iklim	58
4.4.1	Perhitungan Faktor Tegangan Angin	60
4.5	Kondisi Terkini Sedimentasi Perairan Sayung.....	63
4.6	Perubahan Garis Pantai.....	64
4.6.1	Perubahan Garis Pantai Tahun 1999 – 2003	64
4.6.2	Perubahan Garis Pantai Tahun 1999 – 2015	66
4.7	Banjir Rob.....	68
4.8	Strategi Perlindungan Pesisir.....	74
4.8.1	Perbandingan Garis Pantai	74

4.8.2	Perubahan Garis Pantai Tanpa Struktur Pelindung	75
4.8.3	Perubahan Garis Pantai Dengan Struktur Pelindung	75
4.8.3.1	Perubahan Garis Pantai Dengan Struktur Pelindung	76
4.8.3.2	Seawall	77
4.8.4	Rekomendasi Pemodelan Struktur Pelindung Pantai.....	78
4.9	Survei Geologi	80
4.9.1	Analisis Morfodinamika Daerah Pesisir Berdasarkan Sedimentologi.....	88
4.9.1.1	Geomorfologi Daerah Penelitian.....	88
4.9.1.2	Pola Aliran dan Pola Genetik Sungai	89
4.9.1.3	Tahapan Geomorfik.....	90
4.9.1.4	Satuan Geomorfologi	90
4.10	Endapan Dataran Alluvial Timbulsloko.....	90
4.11	Endapan Dataran Pasang Surut Surodadi	91
4.11.1	Stratifikasi Daerah	92
4.12	Endapan Alluvial.....	92
4.13	Endapan Pantai	92
4.13.1	Profil Stratigrafi Daerah.....	93
4.13.2	Korelasi Stratigrafi	98
4.13.3	Analisis Parameter Statistik Sedimen.....	102
4.13.4	Transpor Sedimen Perairan	104
4.13.5	Analisis Laju Sedimentasi Rata-Rata.....	104
4.13.6	Analisis Laju Sedimentasi Berdasarkan Isotop Alami Pb-210.....	106
4.13.7	Sumber Sedimen Berdasarkan Analisis Kandungan Karbonat	109
5.	Penutup.....	111
	DAFTAR PUSTAKA	112
	DAFTAR ISTILAH.....	118
	INDEKS.....	120
	BIOGRAFI PENULIS	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1: Denah wilayah Kabupaten Demak, Jawa Tengah (Bappeda Demak,2010)	1
Gambar 1-2: Denah wilayah Kecamatan Sayung, Demak, Jawa Tengah (Bappeda Demak)	3
Gambar 1-3: Perubahan garis pantai di Kecamatan Sayung (Siti Asiyah, 2015)	3
Gambar 2-1: Pengaruh gaya gravitasi bulan terhadap pasang surut (Aziz, 2006)	4
Gambar 2-2: Pasang purnama dan pasang perbani (Triatmodjo, 1999)	5
Gambar 2-3: Konvergensi dan divergensi energi gelombang (Dahuri <i>et al</i> , 2001)	7
Gambar 2-4: <i>Longshore current</i> faktor penyebab abrasi dan akresi pantai (Pethick, 1997)	7
Gambar 2-5: Batasan wilayah pesisir (Bengen 2001).....	11
Gambar 2-6: Terminologi pantai untuk keperluan pengelolaan pantai (Yuwono, 2015).....	12
Gambar 2-7: Diagram segitiga campuran (Shepard 1954 dalam Dyer 1986)	15
Gambar 2-8: Kondisi penyusutan lapisan es dari masa ke masa di Greenland (IPCC, 2007)	18
Gambar 2-9: Elevasi muka laut tahun 1880 -1990 (kiri) dan prediksi 2100 (kanan). (IPCC, 2007)	19
Gambar 3-1: Lokasi Kecamatan Sayung, Demak (Bappeda Kab. Demak)	21
Gambar 4-1: Peta jalur perum kedalaman per Maret 2016 (Data penelitian, 2016).....	25
Gambar 4-2: Batimetri 2D Kecamatan Sayung (setelah koreksi pasut)	26
Gambar 4-3: Batimetri 3D Kecamatan Sayung (setelah koreksi pasut)	26
Gambar 4-4: Analisis peta isoline kedalaman perairan.....	27
Gambar 4-5: Profil dan kemiringan pantai perairan Desa Bedono sejajar pantai.....	27
Gambar 4-6: Profil dan kemiringan pantai Desa Bedono ke arah laut.....	27
Gambar 4-7: Profil dan kemiringan pantai di perbatasan Desa Bedono dan Desa.....	28
Gambar 4-8: Profil dan kemiringan pantai Desa Timbulsloko ke arah laut.....	28
Gambar 4-9: Data pasang surut hasil pengukuran di Kecamatan Sayung, Demak	29
Gambar 4-10: Data <i>scatter plot</i> kecepatan arus permukaan di kecamatan Sayung, Demak.....	29
Gambar 4-11: Data suhu hasil pengukuran di Kecamatan Sayung, Demak	30
Gambar 4-12: Verifikasi data pasang surut antara ADCP dengan model.....	30
Gambar 4-13: Pola arus laut a) <i>Scatter plot</i> , b) <i>Stick</i> diagram kedalaman 1,5 meter	30
Gambar 4-14: Pola arus laut a) <i>Scatter plot</i> , b) <i>Stick</i> diagram kedalaman 5,5 meter	31
Gambar 4-15: Pola arus laut a) <i>Scatter plot</i> , b) <i>Stick</i> diagram kedalaman 10,5 meter	31
Gambar 4-16: Pola arus laut a) <i>Scatter plot</i> , b) <i>Stick</i> diagram kedalaman 15,5 meter	31
Gambar 4-17: Arah arus dominan di Perairan Sayung, Demak per kedalaman.....	32
Gambar 4-18: Arah arus dominan perairan Sayung, Demak	32
Gambar 4-19: Profil vertikal kecepatan arus terhadap kedalaman	33
Gambar 4-20: Sirkulasi arus permukaan pada a) saat surut purnama; b) menuju.....	34
Gambar 4-21: Sirkulasi arus permukaan a) menuju surut perbani; b) saat surut perbani;	35
Gambar 4-22: Grafik kecepatan arus laut a) depan permiabel(hitam); b) antara	36
Gambar 4-23: Simulasi arus laut saat pasang	36
Gambar 4-24: Simulasi arus laut saat surut	36
Gambar 4-25: Stasiun pengambilan sampel kualitas air (Data penelitian, 2016).....	37
Gambar 4-26: Sebaran densitas Perairan Sayung, Demak.....	41
Gambar 4-27: Sebaran salinitas Perairan Sayung, Demak	42
Gambar 4-28: Sebaran suhu permukaan Perairan Sayung, Demak	43
Gambar 4-29: Grafik hubungan suhu, salinitas dan densitas	44

Gambar 4-30: Sebaran nilai kekeruhan di Perairan Sayung, Demak.....	45
Gambar 4-31: Sebaran nilai konduktivitas Perairan Sayung, Demak	46
Gambar 4-32: Perbandingan nilai salinitas dan konduktivitas perairan Sayung, Demak.....	46
Gambar 4-33: Sebaran pH di Perairan Sayung, Demak.....	48
Gambar 4-34: Sebaran DO di Perairan Sayung, Demak	49
Gambar 4-35: Sebaran TSS di Perairan Sayung, Demak.....	50
Gambar 4-36: Perbandingan konsentrasi TSS dan kekeruhan di setiap stasiun	50
Gambar 4-37: Sebaran nilai BOD di Perairan Sayung, Demak	51
Gambar 4-38: Sebaran fosfat di Perairan Sayung, Demak	53
Gambar 4-39: Sebaran nitrat di Perairan Sayung, Demak	54
Gambar 4-40: Sebaran amonia di Perairan Sayung, Demak	55
Gambar 4-41: Perbandingan konsentrasi nutrisi dan klorofil di Perairan Sayung, Demak.....	55
Gambar 4-42: Sebaran konsentrasi klorofil-a di Perairan Sayung, Demak	56
Gambar 4-43: Sebaran sulfat di Perairan Sayung, Demak	57
Gambar 4-44: Sebaran konsentrasi detergen di Perairan Sayung, Demak	58
Gambar 4-45: <i>Windrose</i> data angin Sayung, Demak Tahun 2003 s/d 2012.....	59
Gambar 4-46: <i>Waverose</i> data gelombang Sayung, Demak Tahun 2003 s/d 2012.....	60
Gambar 4-47: Mawar angin Tahun 2005-2015	61
Gambar 4-48: Grafik gelombang maksimum harian di Perairan Sayung Maret 2016	61
Gambar 4-49: Grafik hubungan tinggi dengan periode gelombang untuk arah Timur.....	62
Gambar 4-50: Gambar 3D batimetri pengukuran di lokasi penelitian bulan Maret 2016.....	63
Gambar 4-51: Garis pantai Kecamatan Sayung pada tahun (a) 1999 dan (b) 2003.....	65
Gambar 4-52: Peta perubahan garis pantai tahun 1999 dan 2003.....	65
Gambar 4-53: Peta perubahan garis pantai 1999 dan 2015	66
Gambar 4-54: Peta model genangan banjir rob tahun 1995 saat pasang purnama di Kecamatan Sayung dan sekitarnya	68
Gambar 4-55: Peta model genangan banjir rob tahun 1995 saat surut purnama di Kecamatan Sayung dan sekitarnya.....	69
Gambar 4-56: Peta model genangan banjir rob tahun 2005 saat pasang purnama di Kecamatan Sayung dan sekitarnya	70
Gambar 4-57: Peta model genangan banjir rob tahun 2005 saat surut purnama di Kecamatan Sayung dan sekitarnya.....	71
Gambar 4-58: Peta model genangan banjir rob tahun 2016 saat pasang purnama di Kecamatan Sayung dan sekitarnya	72
Gambar 4-59: Peta model genangan banjir rob tahun 2016 saat surut purnama di Kecamatan Sayung dan sekitarnya.....	73
Gambar 4-60: Grafik perbandingan garis Pantai Sayung, Demak Tahun 2006 dan 2016	74
Gambar 4-61: Grafik perbandingan garis pantai hasil kalibrasi GENESIS.....	75
Gambar 4-62: Perbandingan hasil pemodelan garis pantai 2016 dan 2025.....	75
Gambar 4-63: Contoh pemodelan <i>breakwater</i> 1.....	76
Gambar 4-64: Contoh pemodelan <i>breakwater</i> 2.....	76
Gambar 4-65: Contoh pemodelan <i>breakwater</i> 3.....	77
Gambar 4-66: Contoh pemodelan <i>seawalls</i> 1.....	77
Gambar 4-67: Contoh pemodelan <i>seawalls</i> 2.....	78
Gambar 4-68: Transpor sedimen rata-rata bangunan pelindung	79

Gambar 4-69: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.0,1.....	80
Gambar 4-70: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.0,2.....	80
Gambar 4-71: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.0,3.....	81
Gambar 4-72: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.0,4.....	81
Gambar 4-73: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.0,5.....	81
Gambar 4-74: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.0,6.....	82
Gambar 4-75: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.0,7.....	82
Gambar 4-76: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.0,8.....	82
Gambar 4-77: Foto pengamatan <i>Stopsite</i> DM.0,9	83
Gambar 4-78: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.10.....	83
Gambar 4-79: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.11.....	83
Gambar 4-80: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.12.....	84
Gambar 4-81: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.13.....	84
Gambar 4-82: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.14.....	84
Gambar 4-83: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.15.....	85
Gambar 4-84: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.16.....	85
Gambar 4-85: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.17.....	85
Gambar 4-86: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.18.....	86
Gambar 4-87: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.19.....	86
Gambar 4-88: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.20.....	86
Gambar 4-89: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.21.....	87
Gambar 4-90: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.22.....	87
Gambar 4-91: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.23.....	87
Gambar 4-92: Foto pengamatan <i>stopsite</i> DM.24.....	88
Gambar 4-93: Kenampakan morfologi pesisir daerah penelitian	88
Gambar 4-94: Peta pola aliran dan pola genetik sungai daerah penelitian	89
Gambar 4-95: Jenis pola aliran sungai pada daerah penelitian	89
Gambar 4-96: Penampakan Sungai Babon.....	90
Gambar 4-97: Penampakan lembah sungai berbentuk “U”	90
Gambar 4-98: Kenampakan endapan alluvial	91
Gambar 4-99: Penampakan endapan pantai	91
Gambar 4-100: Peta geomorfologi daerah penelitian	92
Gambar 4-101: Penampakan satuan endapan alluvial	92
Gambar 4-102: Penampakan satuan endapan laut	93
Gambar 4-103: Peta geologi daerah penelitian	93
Gambar 4-104: Profil stratigrafi CR 01	94
Gambar 4-105: Profil stratigrafi CR-02	95
Gambar 4-106: Profil stratigrafi CR-03	96
Gambar 4-107: Profil stratigrafi CR-04	97
Gambar 4-108: Profil stratigrafi CR-05	98
Gambar 4-109: Peta lintasan dan lokasi pemetaan	99
Gambar 4-110: Korelasi profil stratigrafi CR-01, CR-02 dan CR-03	99
Gambar 4-111: Korelasi profil stratigrafi CR-04 dan CR-05.....	100
Gambar 4-112: Korelasi profil stratigrafi CR-02 dan CR-05.....	101
Gambar 4-113: Korelasi profil stratigrafi CR-03 dan CR-04.....	102

Gambar 4-114: Peta gradasi nilai laju sedimentasi.....	106
Gambar 4-115: Peta lokasi pengambilan sampel core isotop.....	107
Gambar 4-116: Profil Pb-210 total dan <i>supported</i> Pb-210 terhadap kedalaman	107
Gambar 4-117: Profil <i>unsupported</i> Pb-210 terhadap kedalaman.....	108
Gambar 4-118: Peta gradasi nilai kandungan karbonat.....	110

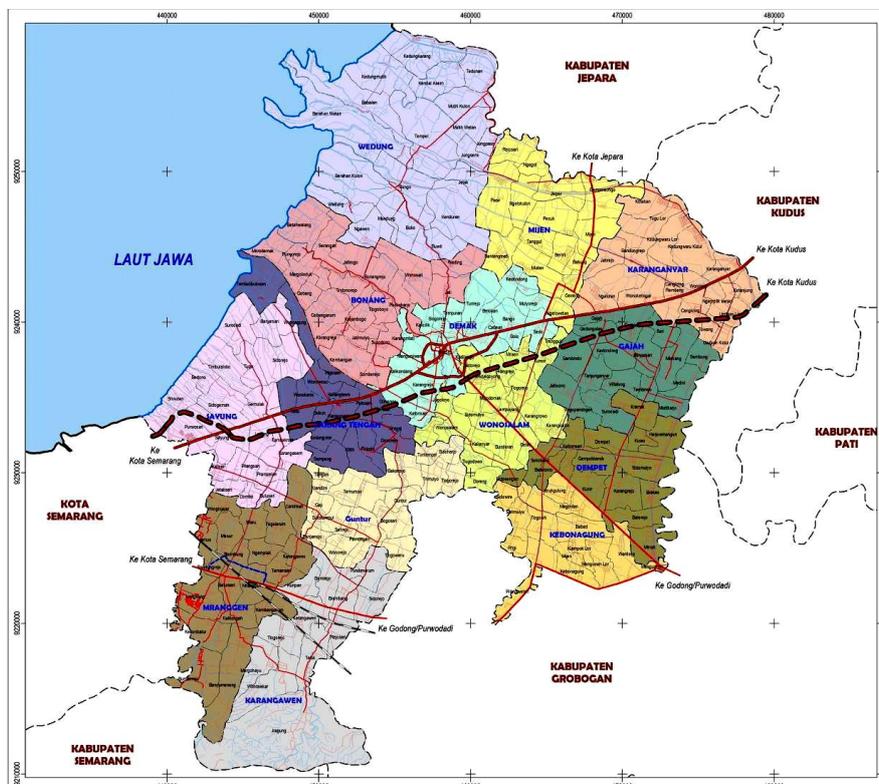
DAFTAR TABEL

Tabel 2-1: Salinitas air berdasarkan persentase garam terlarut.....	10
Tabel 2-2: Klasifikasi ukuran butir sedimen (Wenworth, 1922).....	15
Tabel 2-3: Klasifikasi sortasi (Folk and Ward, 1957).....	16
Tabel 2-4: Klasifikasi <i>skewness</i> (Folk & Ward, 1957).....	16
Tabel 2-5: Klasifikasi kurtosis (Folk and Ward, 1957).....	16
Tabel 3-1: Panjang pantai dan kondisi lahan Kecamatan Sayung tahun 2007	21
Tabel 3-2: Luasan abrasi dan interusi air laut Kecamatan Sayung tahun 2007	21
Tabel 4-1: Data kualitas air di 28 titik.....	38
Tabel 4-2: Data kualitas air permukaan di 25 titik.....	40
Tabel 4-3: Statistik deskriptif data fisika perairan Sayung.....	40
Tabel 4-4: Statistik <i>deskriptive</i> data parameter kimia perairan Sayung, Demak.....	47
Tabel 4-5: Perhitungan <i>fetch</i> rerata efektif	61
Tabel 4-6: Perhitungan koefisien refraksi perairan Kecamatan Sayung	62
Tabel 4-7: Perhitungan koefisien shoaling perairan Kecamatan Sayung.....	62
Tabel 4-8: Perhitungan gelombang pecah perairan Kecamatan Sayung.....	62
Tabel 4-9: Perbandingan volume ketebalan sedimen	63
Tabel 4-10: Laju perubahan garis pantai antara tahun 1999 dan 2003	65
Tabel 4-11: Laju perubahan garis pantai antara tahun 1999 dan 2015	66
Tabel 4-12: Nilai koefisien sortasi.....	103
Tabel 4-13: Koefisien kemencengan.....	103
Tabel 4-14: Nilai koefisien kurtosis.....	104
Tabel 4-15: Hasil perhitungan laju sedimentasi sungai (<i>suspended load</i>)	105
Tabel 4-16: Hasil perhitungan laju sedimentasi sungai (<i>bed load</i>).....	105
Tabel 4-17: Laju sedimentasi berdasarkan analisis radionuklida alam Pb-210	108
Tabel 4-18: Persentase kandungan karbonat	110

1. Pendahuluan

Pembangunan di wilayah pesisir yang terus berlangsung dengan pesat dilakukan di sekitar Pantai Utara Jawa (Pantura). Hal ini dikarenakan ancaman perubahan kondisi perairan dan pantai di sekitar pantai utara (pantura) lebih kecil bila dibandingkan dengan Pantai Selatan. Ancaman tersebut antara lain tsunami, gempa tektonik, dan dinamika perairan yang besar. Selain itu wilayah Pantura sering dijadikan sebagai pusat kegiatan pemerintahan dan aktivitas masyarakat seperti halnya kota Jakarta, Cirebon, Tegal, Pekalongan, Semarang, dan Surabaya yang memiliki indeks kerentanan sangat tinggi dengan kondisi tunggang pasang dalam level tinggi dan sangat tinggi (Pusriskel, 2017).

Abrasi atau erosi pantai disebabkan oleh adanya angkutan sedimen menyusur pantai sehingga menyebabkan berpindahnya sedimen dari satu tempat ke tempat lainnya (Triatmodjo, 2012). Pesisir yang sangat rentan dicirikan oleh pantai yang landai, tingkat kerentanan geomorfologi pantai yang tinggi dan gelombang laut yang tinggi. Pesisir Utara Banten, DKI, Jawa Barat, Kepulauan Seribu, sebagian pesisir Jawa Tengah dan Jawa Timur, sebagian pesisir Timur Sumatera Selatan, Sumatera Utara dan NAD, sebagian pesisir Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah, serta pesisir disekitar Merauke. Kabupaten Demak merupakan salah satu wilayah pesisir yang terletak di pesisir utara Pulau Jawa yang rawan terhadap kenaikan muka air laut, banjir pasang, abrasi dan akresi karena berada pada wilayah yang bertopografi yang rendah. Sayung merupakan salah satu Kecamatan di Kabupaten Demak yang mengalami banjir pasang paling parah diantara Kecamatan yang lain. Daerah pesisir di Kecamatan Sayung yang terkena banjir rob pada ketinggian 0,25 m adalah Desa Sriwulan, Desa Surodadi, Desa Bedono, dan Desa Timbulsloko (Desmawan, 2014).



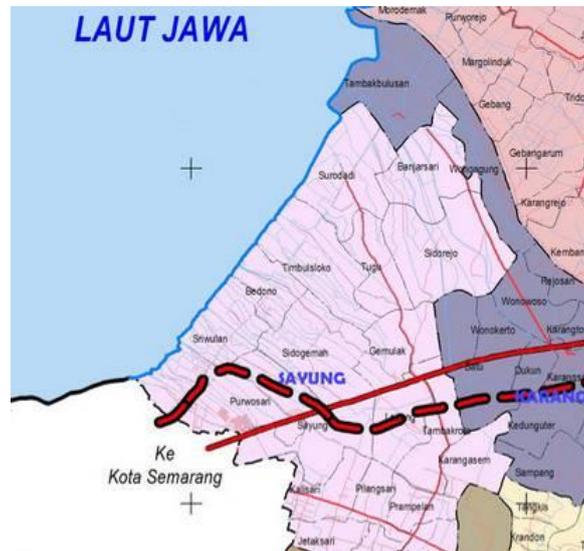
Gambar 1-1: Denah wilayah Kabupaten Demak, Jawa Tengah (Bappeda Demak, 2010)

Banjir pasang menggenangi perumahan penduduk serta merusak penggunaan lahan perumahan, lahan sawah, lahan tambak, serta fasilitas umum seperti jalan, saluran drainase, dan air bersih. Pada tahun 1990-an, sebagian besar penduduk Kecamatan Sayung bermata pencaharian sebagai nelayan, petambak, dan petani. Dengan adanya hutan *mangrove*, wilayah pesisir yang mereka tempati aman dari abrasi dan pasang. Bagi petambak, terutama petambak bandeng, hutan *mangrove* menjadi habitat dan pakan alami ikan yang mereka pelihara. Keadaan tersebut mulai berubah sejak adanya konversi lahan *mangrove*, tambak bandeng, dan sawah menjadi lahan tambak udang windu. Selain itu, beberapa tambak di Kecamatan Sayung masih dapat dikembangkan dengan cara-cara tertentu tetap merusak keseimbangan alam (Arif *et al*, 2006). Ekosistem hutan *mangrove* yang sejatinya merupakan penahan gelombang dan angin serta arus laut menjadi hilang sehingga tidak ada lagi penghalang masuknya air laut ke daratan (Manumono, 2008).

Mundurunya garis pantai di Kecamatan Sayung menyebabkan permukiman penduduk semakin dekat dengan pantai, bahkan telah menyebabkan hilangnya permukiman di Dusun Tambaksari, Desa Bedono, Kecamatan Sayung (Pratomoatmojo dan Sianturi, 2011). Pengaruh pasang surut laut dalam dinamika pantai tidak terlalu besar namun juga tidak dapat diabaikan. Sehingga pada saat pasut terjadi akan menimbulkan arus pasut meski tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan arus yang terjadi di laut lepas. Namun, arus pasut ini juga dapat menjadi media transpor bagi sedimen-sedimen berukuran kecil seperti pasir halus dan lempung seperti yang biasa ditemui di muara-muara sungai (Wibowo, 2012). Perubahan permukiman yang hilang akibat abrasi dan inundasi di Pesisir Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak Tahun 2003 – 2013 adalah sebanyak 221 unit permukiman yang hilang dari Pesisir Kecamatan Sayung selama kurun waktu 10 tahun. Karakteristik permukiman kumuh di Pesisir Kecamatan Sayung muncul dengan dinding bangunan, lantai rumah, jalan, serta sarana dan prasarana yang rusak dan menjadi terlihat kumuh karena abrasi dan inundasi. Persebaran permukiman kumuh di Pesisir Kecamatan Sayung menyebar di seluruh dusun yang terdapat di permukiman berbatasan langsung dengan laut dan bantaran sungai-sungai di sekitar desa.

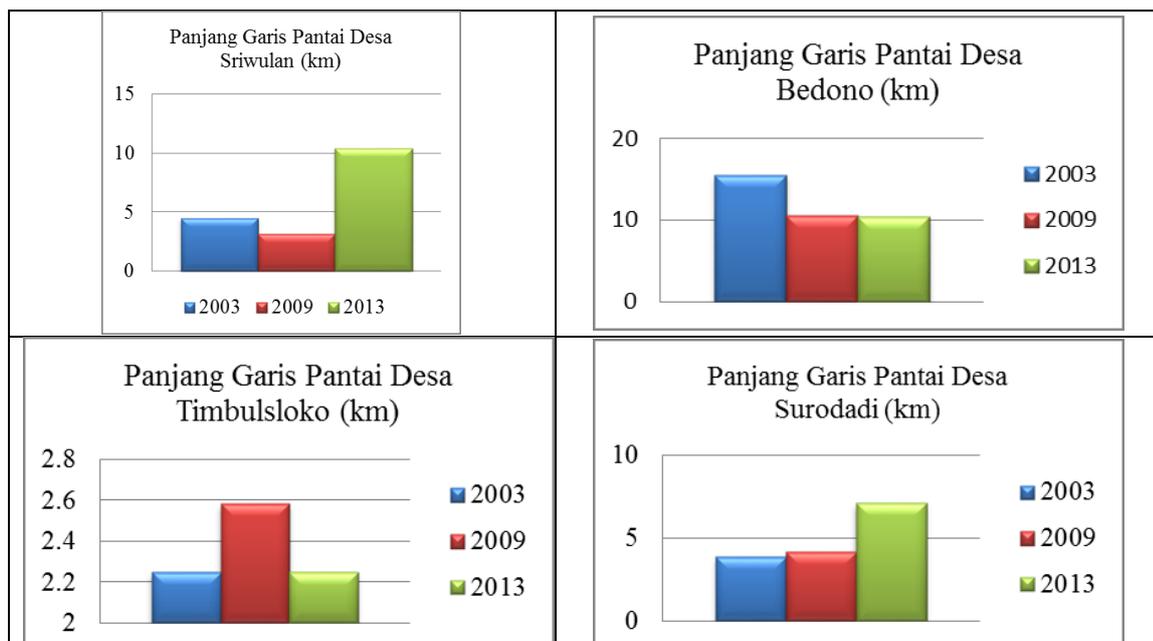
Sebanyak 83 permukiman kumuh karena abrasi dan 2.036 permukiman kumuh karena inundasi (Asiyah *et al*, 2015). Secara umum, jika wilayah pantai Indonesia mengalami kenaikan muka laut 1 m, maka diestimasikan dapat mengakibatkan mundurnya garis pantai sejauh 50 m dan penggenangan di wilayah pantai (Diposaptono, 2009). Bahkan, banjir rob yang terjadi pada bulan Juni lalu telah menyebabkan jalan pantura macet panjang sepanjang 3 km (Detik.com, 2016). Banjir rob yang terjadi pada bulan Juni dan masih masuk musim kemarau diperkirakan selain karena adanya kenaikan muka air laut, ada hubungannya dengan peristiwa La Nina yang membawa cuaca basah dari benua Australia menuju benua Asia. Perubahan garis pantai terjadi secara signifikan di Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak dengan nilai akresi maksimum sebesar 233,994 m dan abrasi maksimum sebesar 141,037 m dari tahun 2012 hingga 2015 (Istiqomah *et al*, 2016). Salah satu alternatif untuk perlindungan Pantai Sayung Demak yaitu membuat bangunan pelindung kombinasi *revetment* dan *breakwater* (Hakim *et al*, 2014). Arah gelombang menuju pesisir Demak menjadi semakin besar sehingga menyebabkan pengikisan pantai. Pengikisan yang terus terjadi di Kabupaten Demak, khususnya di pesisir Kecamatan Sayung telah menyebabkan mundurnya garis pantai. Pemunduran garis pantai yang terjadi di sepanjang pantai

Kabupaten Demak, khususnya Kecamatan Sayung telah menyebabkan kerusakan dan menimbulkan dampak baik secara sosial, ekonomi, maupun lingkungan.



Gambar 1-2: Denah wilayah Kecamatan Sayung, Demak, Jawa Tengah (Bappeda Demak)

Mundurinya garis pantai ini menyebabkan permukiman penduduk semakin dekat dengan pantai, bahkan telah menyebabkan hilangnya permukiman di Dusun Tambaksari, Desa Bedono, Kecamatan Sayung (Pratomoatmojo dan Sianturi, 2011). Pemunduran garis pantai ini menyebabkan permukiman penduduk semakin dekat dengan laut sehingga kerentanan terhadap banjir pasang meningkat. Menurut hasil wawancara dengan Ketua Bidang Kelautan, Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Demak, reklamasi pantai yang terjadi di Kota Semarang telah menyebabkan mundurnya garis pantai di Kabupaten Demak dan menyebabkan banjir pasang.



Gambar 1-3: Perubahan garis pantai di Kecamatan Sayung (Siti Asiyah, 2015)

Berdasarkan informasi dari Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Demak (2009) dalam Susanto (2010), wilayah pesisir Demak mengalami amblesan tanah sekitar 12 cm/tahun. Hal ini diperparah dengan kenaikan muka air laut sekitar 8 mm/tahun. Antara News (2011) melaporkan bahwa banjir pasang air laut/banjir pasang yang terjadi pada bulan Januari 2011 telah menyebabkan setidaknya 10 desa di Kecamatan Sayung tergenang air laut. Sepuluh desa tersebut adalah Desa Sriwulan, Desa Bedono, Desa Purwosari, Desa Sidogemah, Desa Gemulak, Desa Tugu, Desa Timbulsloko, Desa Surodadi, Desa Sidorejo, dan Desa Banjarsari. Ketinggian genangan di tiap-tiap desa bervariasi, dan desa yang paling parah mengalami banjir pasang adalah Desa Timbulsloko, dan Desa Sriwulan. Banjir tersebut selain menggenangi permukiman penduduk juga menggenangi beberapa fasilitas umum seperti kantor Kecamatan, Polsek, Koramil, sejumlah sekolah dan puskesmas. Banjir pasang tersebut merupakan yang terparah setelah yang terjadi pada tahun 1997 dan 1998.

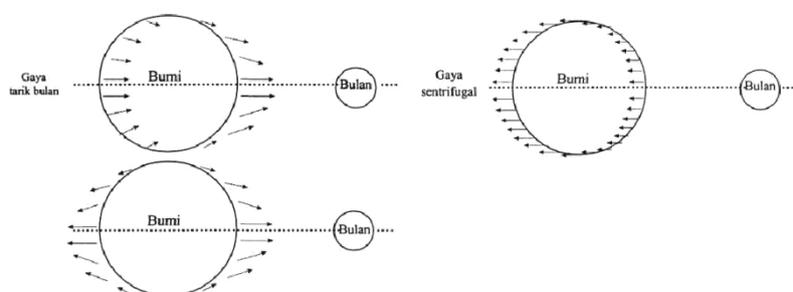
2. Teori Hidro Oseanografi Wilayah Pesisir

2.1 Hidro-Oseanografi

Faktor Hidro-oseanografi mengakibatkan suatu proses abrasi atau akresi ketika perubahan garis pantai berlangsung manakala proses geomorfologi yang terjadi setiap bagian pantai melebihi proses yang biasanya terjadi. Proses tersebut adalah pasang surut, gelombang dan arus perairan.

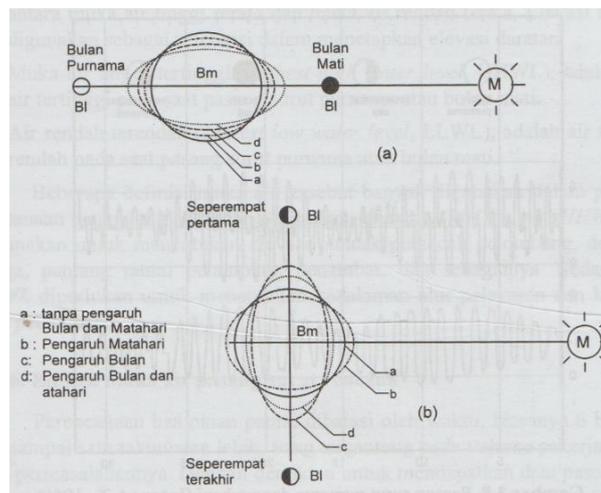
2.1.1 Pasang Surut

Nontji (1993) menjelaskan definisi pasang surut sebagai gerakan naik turunnya muka air laut secara bersamaan yang disebabkan oleh gaya tarik matahari dan bulan. Letak matahari, bumi, bulan yang selalu berubah setiap saat menyebabkan keadaan pasang surut di bumi juga akan selalu berubah. Dalam Triatmodjo (1999), dikatakan bahwa pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (*bulge*) pasang surut gravitasional di laut, lebih jelas mengenai pengaruh kedua gaya tersebut dapat dilihat pada Gambar 2-1 dibawah ini. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, yaitu sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari.



Gambar 2-1: Pengaruh gaya gravitasi bulan terhadap pasang surut (Aziz, 2006)

Pada posisi tertentu, gaya tarik matahari dan bulan terhadap massa air di bumi akan saling melemahkan yang menimbulkan pasang kecil dikenal sebagai pasang perbani. Sedangkan bila gaya-gaya tersebut saling menguatkan, maka akan menimbulkan pasang besar yang dikenal dengan pasang purnama (Nontji, 1993). Wibowo (2007) menyatakan bahwa pasang purnama disebut juga dengan *spring tides*, dan kondisi bulan seperempat disebut juga dengan *neap tides*. Pasang surut purnama (*spring tide*) terjadi ketika bumi, bulan, dan matahari berada dalam suatu garis lurus. Pada saat itu, akan dihasilkan pasang tinggi yang sangat tinggi dan pasang rendah yang sangat rendah. Pasang surut purnama ini terjadi pada saat bulan baru dan bulan purnama. Sedangkan kondisi bulan seperempat (*neap tide*) terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus. Pada saat itu, akan dihasilkan pasang tinggi yang rendah dan pasang rendah yang tinggi.



Gambar 2-2: Pasang purnama dan pasang perbani (Triatmodjo, 1999)

Air laut akan mengalami ketinggian maksimum pada saat naik, kejadian ini disebut juga pasang tinggi (*high water*). Sedangkan, kenaikan air laut juga akan mengalami kenaikan minimum pada saat pasang turun yang disebut juga pasang rendah (*low water*). Perbedaan atau selisih antara pasang tinggi dan pasang turun disebut julat pasang (*tidal range*). Berdasarkan muka laut rata-rata (*MSL*) harian, dapat diketahui kapan terjadinya pasang purnama dan pasang perbani yaitu dengan cara melihat nilai *MSL* harian terbesar dan terkecil dalam suatu siklus pasang. Nilai *MSL* harian terbesar menunjukkan saat tersebut terjadi pasang purnama dan sebaliknya nilai *MSL* terkecil menunjukkan pada saat tersebut terjadi pasang perbani (Ongkosongo, 1989).

Triatmodjo (1999) menyatakan bahwa bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Secara umum, pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu:

- a. Pasang Surut Harian Tunggal (*Diurnal Tide*)
Dalam satu hari terjadi satu Sungai air pasang dan satu Sungai air surut,
- b. Pasang Surut Harian Ganda (*Semi Diurnal Tide*)
Dalam satu hari terjadi dua Sungai air pasang dan dua Sungai air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan dan teratur.
- c. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*).
Dalam satu hari terjadi satu Sungai air pasang dan satu Sungai air surut tapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua Sungai pasang dan dua Sungai surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda,

d. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*)

Dalam satu hari terjadi dua Sungai air pasang dan dua Sungai air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

Secara kuantitatif, tipe pasang surut perairan dapat ditentukan oleh nisbah (perbandingan) antara amplitudo unsur-unsur pasang surut tunggal utama dengan amplitudo unsur-unsur pasang surut ganda utama. Nisbah ini dikenal sebagai sebagai Bilangan Bentuk (Formzahl) yang mempunyai formula sebagai berikut (*Ongkosongo, 1989*):

$$F = \frac{A_{O1}+A_{K1}}{A_{M2}+A_{S2}} \quad (1)$$

dimana:

F : Bilangan Formzahl

A_{O1} : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan (diurnal)

A_{K1} : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari (diurnal)

A_{M2} : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan (semi-diurnal)

A_{S2} : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari (semi-diurnal)

Tipe pasang surut berdasarkan bilangan Formzahl (*Ongkosongo, 1989*):

< 0,25 : Pasang surut bertipe ganda (semi-diurnal)

0,25 – 1,25 : Pasang surut bertipe campuran dengan tipe ganda yang menonjol

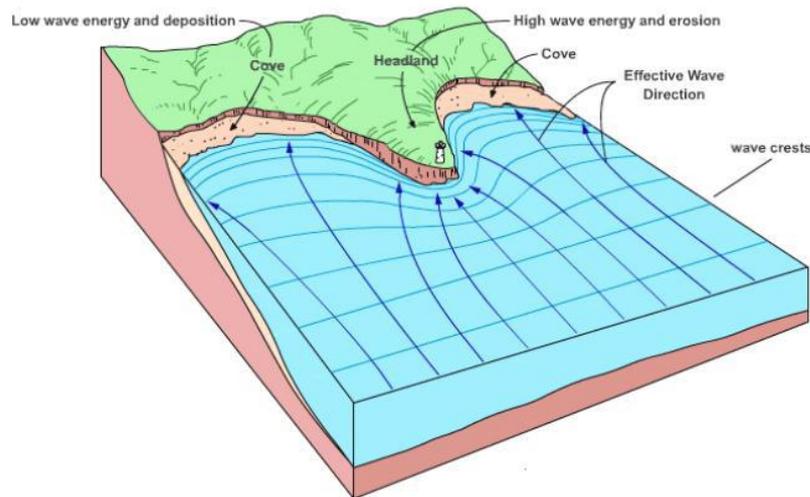
1,25 – 3,00 : Pasang surut bertipe campuran dengan tipe tunggal yang menonjol

>3,00 : Pasang surut bertipe tunggal (diurnal)

Bulan dan matahari merupakan dua benda langit yang memiliki gravitasi dan gaya tarik terhadap bumi sehingga terjadi perubahan permukaan laut atau disebut pasang surut. Hal tersebut menyebabkan terjadinya perbedaan tinggi permukaan air dengan kisaran rata-rata siklus waktu 12,4 jam atau 24,8 jam. Saat terjadi pasang surut maka akan timbul arus yang mendekati atau menjauhi pantai (*Poerbandono dan Djunarsjah, 2005*).

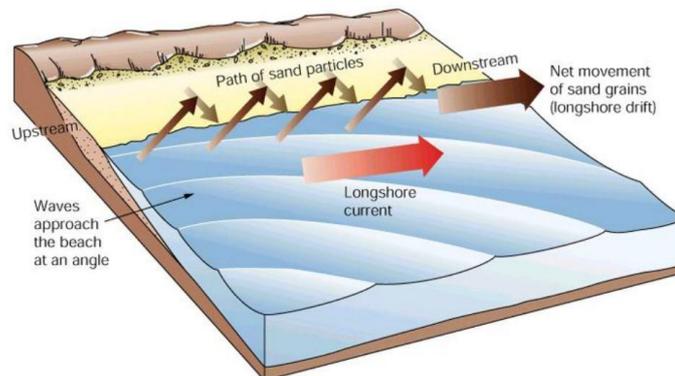
2.1.2 Hidrodinamika Arus dan Gelombang

Gelombang terjadi melalui proses pergerakan massa air yang dibentuk secara umum oleh hembusan angin secara tegak lurus terhadap garis pantai. Dahuri menyatakan gelombang yang pecah didaerah pantai merupakan salah satu penyebab utama terjadinya proses erosi dan sedimentasi di pantai.



Gambar 2-3: Konvergensi dan divergensi energi gelombang (Dahuri *et al*, 2001)

Hutabarat dan Evans (1985) menyatakan, arus merupakan salah satu faktor yang berperan dalam pengangkutan sedimen dan sebagai agen pengerosi yaitu arus yang dipengaruhi oleh hampasan gelombang.



Gambar 2-4: *Longshore current* faktor penyebab abrasi dan akresi pantai (Pethick, 1997)

Arus pasut ini berperan terhadap proses-proses di pantai seperti penyebaran sedimen dan abrasi pantai. Pasang naik akan menyebarkan sedimen ke dekat pantai, sedangkan bila surut akan menyebabkan majunya sedimentasi ke arah laut lepas. Arus pasut umumnya tidak terlalu kuat sehingga tidak dapat mengangkut sedimen yang berukuran besar. Pemodelan matematik (hidrodinamika) adalah simulasi numerik suatu aliran air yang didasarkan pada formulasi persamaan-persamaan matematik yang menggambarkan prinsip hidrodinamika, atau yang menggambarkan fenomena fisik aliran dan penyelesaian persamaan-persamaan tersebut secara numeris (umumnya dilakukan dengan dan di dalam komputer). Akan tetapi pembuatan dan pemakaian model matematik yang baik harus didukung dengan pengetahuan kuat tentang proses fisika aliran. Simulasi aliran tidak berhenti hanya pada tampilan grafis saja. Suatu model numerik yang baik harus dibuat dengan berlandaskan pada formulasi matematik yang benar menggambarkan proses fisik yang terjadi, berlandaskan pada metode penyelesaian yang tepat terhadap formulasi tersebut dan sesuai dengan proses fisik yang dimodelkan, dan hasil model tersebut tidak menimbulkan ambiguitas interpretasi.

Semua model matematik didasarkan pada tiga persamaan dasar dinamika fluida, yaitu persamaan kontinuitas, persamaan momentum dan persamaan energi. Ketiga persamaan tersebut menggambarkan fenomena fisik dan merupakan ekspresi matematik dari tiga prinsip fundamental fisika (Cardona *et al*, 2005), yaitu :

1. Kekekalan massa.
2. Hukum Newton II : gaya = massa x percepatan.
3. Kekekalan energi.

Tidak selamanya ada kebutuhan untuk menyelesaikan ketiga persamaan dasar tersebut. Pada sebagian besar permasalahan aliran air, tidak diperlukan penyelesaian persamaan kekekalan energi. Perilaku aliran yang berkaitan terutama dengan perubahan kecepatan dan kedalaman perairan, merupakan variabel yang ingin diketahui. Salah satu perangkat lunak yang menggunakan tiga prinsip fundamental fisika adalah Mike21 dengan modul Flow Model FM. *Mike 21 Flow model FM* adalah sistem *modelling* yang berdasar pada *mesh* yang fleksibel. Sistem pemodelan tersebut telah berhasil dikembangkan dan diterapkan untuk oseanografi, *coastal*, dan lingkungan *estuary*.

2.1.3 Parameter Kualitas Perairan

Kualitas air secara umum menunjukkan mutu atau kondisi air yang dihubungkan dengan suatu kegiatan atau keperluan tertentu. Dengan demikian, kualitas air yang diinginkan akan tergantung pada proses kegiatan itu sendiri, sebagai contoh: kualitas air untuk kebutuhan air minum akan berbeda dengan kualitas air untuk kebutuhan industri, Secara umum kualitas air berhubungan dengan kandungan bahan terlarut didalamnya. Tingkat kandungan dari bahan tersebut seperti kandungan mineral dan bahan kimiawi akan menentukan kelayakannya.

Turbidity atau kekeruhan adalah adanya partikel koloid dan suspensi dari suatu bahan pencemar antara lain beberapa bahan organik dan bahan anorganik merupakan padatan/solid yang tidak larut dalam air. Ukuran partikel solid bervariasi dari 0,45 micron sampai yang paling besar (1 micron = 0,001 mm). Contoh ; pasir, debu, lumpur, lendir/BIO-FOULING (Nst, 2008).

Conductivity adalah jumlah mineral yang larut di dalam air/*dissolved solid* dan menjadi larutan yang homogen. *Conductivity* tidak tergantung pada jenis mineral yang larut di dalam air. Ukuran partikel *solid* bervariasi sampai lebih kecil dari 0,45 micron (1 micron = 0,001 mm). Contoh; minerals seperti Sodium (Na), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Chloride (Cl), Sulfate (SO₄), Silicate (SiO₂), Phosphate (PO₄), Nitrate (NO₃), dll. Setiap minerals mempunyai harga batas kelarutan di dalam air. Pengaruh mineral terlarut membuat air tidak 100% pure (as H₂O) dan semakin besar mineral yang larut di dalam air, maka *conductivity* akan semakin besar yang cenderung akan dapat menyebabkan terjadinya problem kerak (Hendri, 2015).

pH merupakan suatu ekspresi dari konsentrasi ion hidrogen (H⁺) di dalam air atau lebih mudah dikatakan sebagai derajat ke-asam-an air. Definisi yang formal tentang pH adalah negatif logaritma dari aktifitas ion hidrogen yang dapat dinyatakan dengan persamaan : $pH = -\log [H^+]$. pH sangat penting sebagai parameter kualitas air karena pH mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan di dalam air. Selain itu makhluk hidup di dalam air seperti ikan hidup pada selang pH tertentu, sehingga dengan diketahuinya nilai pH maka kita

akan tahu apakah air tersebut sesuai atau tidak untuk menunjang kehidupan mereka. Besaran pH berkisar 0 (sangat asam) sampai dengan 14 (sangat basa/alkali). Nilai pH kurang dari 7 menunjukkan lingkungan yang asam, sedangkan pH di atas 7 menunjukkan lingkungan yang basa (alkalin). pH = 7 disebut sebagai netral. Fluktuasi pH air sangat ditentukan oleh alkalinitas air tersebut. Apabila alkalinitasnya tinggi maka air tersebut akan mudah mengembalikan pH-nya ke nilai semula apabila terjadi perubahan pada nilai pH.

Klorofil-a merupakan pigmen penting yang diperlukan *fitoplankton* dalam melakukan proses fotosintesis. *Fitoplankton* berperan sebagai produsen primer dalam rantai kehidupan di laut, sehingga keberadaannya sangat penting sebagai dasar kehidupan di laut. Konsentrasi klorofil di suatu perairan dapat menggambarkan besarnya produktivitas primer di suatu perairan.

Zat Padat Terlarut (TDS) merupakan konsentrasi jumlah *ion kation* (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Oleh karena itu, analisis total padatan terlarut menyediakan pengukuran kualitatif dari jumlah ion terlarut, tetapi tidak menjelaskan pada sifat atau hubungan ion. Selain itu, pengujian tidak memberikan wawasan dalam masalah kualitas air yang spesifik. Oleh karena itu, analisis total padatan terlarut digunakan sebagai uji indikator untuk menentukan kualitas umum dari air. Sumber padatan terlarut total dapat mencakup semua kation dan anion terlarut (Oram, B., 2010). Sumber utama untuk TDS dalam perairan adalah limbah dari pertanian, limbah rumah tangga, dan industri. Unsur kimia yang paling umum adalah kalsium, fosfat, nitrat, natrium, sulfat dan klorida. Bahan kimia dapat berupa kation, anion, molekul atau aglomerasi dari ribuan molekul. Kandungan TDS yang berbahaya adalah pestisida yang timbul dari aliran permukaan.

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam sebenarnya pada air ini, secara definisi, kurang dari 0,05%. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air payau atau menjadi *saline* bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5%, ia disebut brine. Makin besar tingkat penguapan air laut di suatu wilayah, maka salinitasnya tinggi dan sebaliknya pada daerah yang rendah tingkat penguapan air lautnya, maka daerah itu rendah kadar garamnya. Semakin besar/banyak curah hujan di suatu wilayah laut maka salinitas air laut itu akan rendah dan sebaliknya makin sedikit/kecil curah hujan yang turun salinitas akan tinggi.

Banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut, makin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas laut tersebut akan rendah, dan sebaliknya makin sedikit sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitasnya akan tinggi. Air laut secara alami merupakan air *saline* dengan kandungan garam sekitar 3,5%. Beberapa danau garam di daratan dan beberapa lautan memiliki kadar garam lebih tinggi dari air laut umumnya. Sebagai contoh, Laut Mati memiliki kadar garam sekitar 30%. Walaupun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5 %, air laut juga berbeda-beda kandungan garamnya. Yang paling tawar adalah di Timur Teluk *Finlandia* dan di utara Teluk *Bothnia*, keduanya bagian dari Laut Baltik. Yang paling asin adalah di Laut Merah, di mana suhu tinggi dan sirkulasi terbatas membuat penguapan tinggi dan sedikit masukan air dari sungai-sungai. Kadar garam di beberapa danau dapat lebih tinggi lagi.

Tabel 2-1: Salinitas air berdasarkan persentase garam terlarut

Salinitas Air Berdasarkan Persentase Garam Terlarut			
Air Tawar	Air Payau	Air Saline	Brine
< 0,05 %	0,05 – 3 %	3 – 5 %	> 5 %

Sumber: Walangare *et al* (2013)

Zat terlarut meliputi garam-garam anorganik, senyawa-senyawa organik yang berasal dari organisme hidup, dan gas-gas yang terlarut. Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55,04%), natrium (30,61%), sulfat (7,68%), magnesium (3,69%), kalsium (1,16%), Seng (1,10%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borat, strontium dan florida (Walangare *et al*, 2013). Tiga sumber utama dari garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (*hydrothermal vents*) di laut dalam. Keberadaan garam-garaman mempengaruhi sifat fisis air laut (seperti: densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperatur dimana densitas menjadi maksimum) beberapa tingkat, tetapi tidak menentukannya. Beberapa sifat (viskositas, daya serap cahaya) tidak terpengaruh secara signifikan oleh salinitas. Dua sifat yang sangat ditentukan oleh jumlah garam di laut (salinitas) adalah daya hantar listrik (konduktivitas) dan tekanan osmosis.

Kandungan garam mempunyai pengaruh pada sifat-sifat air laut. Karena mengandung garam, titik beku air laut menjadi lebih rendah daripada 0°C (air laut yang bersalinitas 35 ‰ titik bekunya -1,9°C), sementara kerapatannya meningkat sampai titik beku (kerapatan maksimum air murni terjadi pada suhu 4°C). Sifat ini sangat penting sebagai penggerak pertukaran massa air panas dan dingin, memungkinkan air permukaan yang dingin terbentuk dan tenggelam ke dasar sementara air dengan suhu yang lebih hangat akan terangkat ke atas. Sedangkan titik beku dibawah 0°C memungkinkan kolom air laut tidak membeku. Sifat air laut yang dipengaruhi langsung oleh salinitas adalah konduktivitas dan tekanan osmosis.

Oksigen terlarut adalah jumlah oksigen dalam miligram yang terdapat dalam satu liter air (ppt). Oksigen terlarut umumnya berasal dari difusi udara melalui permukaan air, aliran air masuk, air hujan, dan hasil dari proses fotosintesis plankton atau tumbuhan air. Oksigen terlarut merupakan parameter penting karena dapat digunakan untuk mengetahui gerakan massa air serta merupakan indikator yang peka bagi proses-proses kimia dan biologi. Kadar oksigen yang terlarut bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian (*diurnal*) dan musiman, tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah (*effluent*) yang masuk ke badan air. Selain itu, kelarutan oksigen dan gas-gas lain berkurang dengan meningkatnya salinitas sehingga kadar oksigen di laut cenderung lebih rendah daripada kadar oksigen di perairan tawar. Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10,

Menurut Boyd (1990), jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh organisme akuatik tergantung spesies, ukuran, jumlah pakan yang dimakan, aktivitas, suhu, dan lain-lain. Konsentrasi oksigen yang rendah dapat menimbulkan anorexia, stress, dan kematian pada ikan. Menurut Swingle dalam Boyd (1982), bila dalam suatu kolam kandungan oksigen terlarut sama

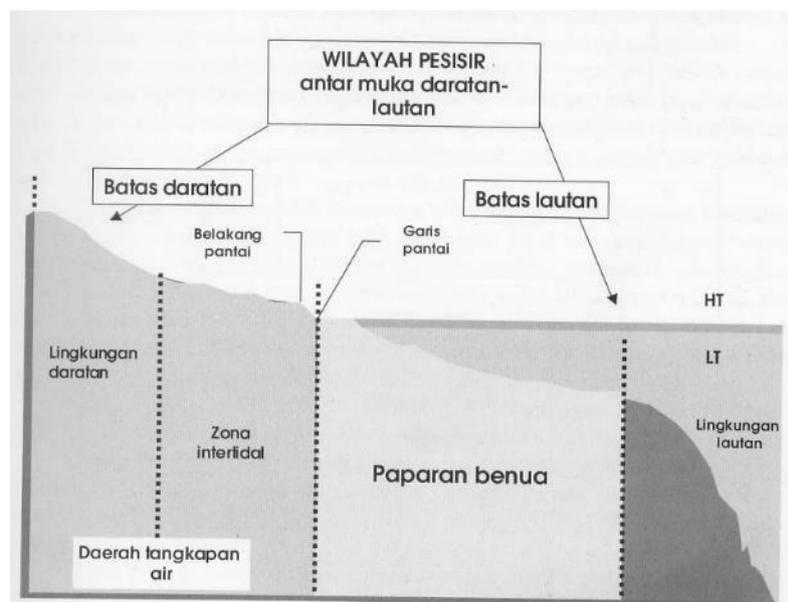
dengan atau lebih besar dari 5 mg/l, maka proses reproduksi dan pertumbuhan ikan akan berjalan dengan baik. Pada perairan yang mengandung deterjen, suplai oksigen dari udara akan sangat lambat sehingga oksigen dalam air sangat sedikit. Oksigen terlarut yang terkandung di dalam air, berasal dari udara dan hasil proses fotosintesis tumbuhan air. Oksigen diperlukan oleh semua makhluk yang hidup di air seperti ikan, udang, kerang dan hewan lainnya termasuk mikroorganisme seperti bakteri.

2.2 Wilayah Pesisir

Wilayah pesisir adalah daerah yang menghubungkan antara wilayah daratan dan wilayah perairan. Karena merupakan daerah penghubung, maka wilayah pesisir sangat rentan terkena perubahan yang terjadi di daerah daratan dan perairan.

2.2.1 Defenisi Pesisir

Menurut Bengen (2004), wilayah pesisir didefinisikan sebagai wilayah dimana daratan berbatasan dengan laut, batas daratan meliputi daerah-daerah yang tergenang air maupun yang tidak tergenang air yang masih dipengaruhi oleh proses-proses laut seperti pasang surut, angin laut, intrusi garam, sedangkan batas di laut adalah daerah yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami di daratan seperti sedimentasi dan mengalirnya air tawar ke laut, serta daerah-daerah laut yang dipengaruhi oleh kegiatan-kegiatan manusia di daratan.



Gambar 2-5: Batasan wilayah pesisir (Bengen 2001).

Kawasan pesisir sebagai salah satu kawasan khusus, perlu mendapatkan perhatian yang khusus pula. Hal ini disebabkan karena kawasan pesisir memiliki kondisi unik yang terdiri dari karakteristik daratan yang terdapat pada subsistem daratan pesisir (*shoreland*) dan karakteristik perairan yang terdapat pada subsistem perairan pesisir (*coastal water*). Kedua subsistem tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, namun karena lokasinya yang berada dalam satu kawasan maka kedua subsistem tersebut saling berinteraksi dan saling mempengaruhi. Interaksi tersebut dapat terjadi melalui interaksi ekologis seperti terjadinya air larian, rembesan air laut, dan pergerakan ulang alik angin antara daratan dan perairan.

Adanya interaksi ekologis antara daratan pesisir dengan perairan pesisir membuat kawasan pesisir memiliki kendala alam yang tidak ditemui pada ekosistem daratan lainnya.

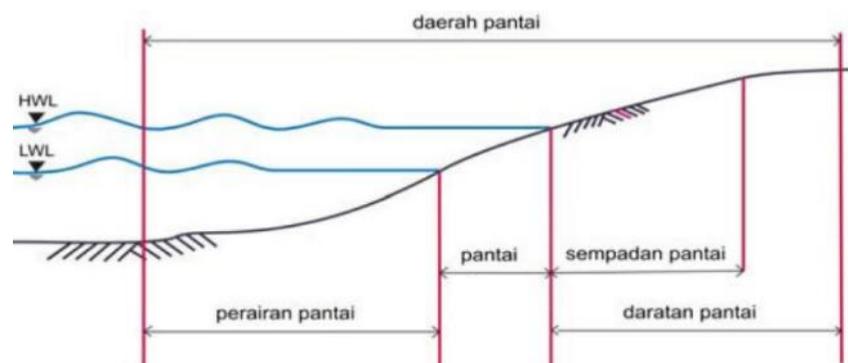
2.2.2 Model Geospasial

Data spasial mempunyai pengertian sebagai suatu data yang mengacu pada posisi, obyek, dan hubungan diantaranya dalam ruang bumi. Data spasial merupakan salah satu komponen dari informasi, dimana didalamnya terdapat informasi mengenai bumi termasuk permukaan bumi, dibawah permukaan bumi, perairan, kelautan dan bawah atmosfer (Rajabidfard dan Williamson, 2000). Data spasial dan informasinya digunakan untuk menentukan posisi dari identifikasi suatu elemen di permukaan bumi (Radjabidfard 2001). Lebih lanjut lagi *Mapping Science Committee* (1995) dalam Rajabidfard (2001) menerangkan mengenai pentingnya peranan posisi lokasi yaitu, (1) pengetahuan mengenai lokasi dari suatu aktifitas memungkinkan hubungannya dengan aktifitas lain atau elemen lain dalam daerah yang sama atau lokasi yang berdekatan dan (2) Lokasi memungkinkan diperhitungkannya jarak, pembuatan peta, memberikan arahan dalam membuat keputusan spasial yang bersifat kompleks (Gumelar, 2007).

Pada pemanfaatannya, data spasial yang diolah dengan menggunakan komputer (data spasial digital) menggunakan model sebagai pendekatannya. *Economic and Social Commission for Asia and the Pasific* (1996), mendefinisikan model data sebagai suatu set logika atau aturan dan karakteristik dari suatu data spasial. Model data merupakan representasi hubungan antara dunia nyata dengan data spasial. Terdapat dua model dalam data spasial, yaitu model data raster dan model data vektor. Keduanya memiliki karakteristik yang berbeda, selain itu dalam pemanfaatannya tergantung dari masukan data dan hasil akhir yang akan dihasilkan. Model data tersebut merupakan representasi dari obyek-obyek geografi yang terekam sehingga dapat dikenali dan diproses oleh komputer. Chang (2002) menjabarkan model data vektor menjadi beberapa bagian lagi.

2.2.3 Geomorfologi Pesisir

Pantai ialah suatu zona yang mendapat pengaruh kuat dari proses-proses lautan (Strahler, 1979). Dan dataran pantai atau *coastal plaina* ialah jalur pantai yang muncul dari bawah permukaan laut yang merupakan bagian dari dangkalan benua atau continental shelf, dibatasi oleh suatu tingkat dengan lereng yang curam ke arah laut. Sedangkan perairan pantai adalah bagian dari perairan laut yang berbatasan langsung dengan dataran pantai dan secara ekologis masih dipengaruhi oleh sifat-sifat daratan.



Gambar 2-6: Terminologi pantai untuk keperluan pengelolaan pantai (Yuwono, 2015)

Wilayah pantai merupakan ekosistem yang khas karena memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi dan menyangga kehidupan masyarakat pantai. Wilayah pantai banyak dimanfaatkan untuk kegiatan berbasis ekonomi, diantaranya sebagai lahan industri, rekreasi/wisata, pemukiman, pertanian dan sebagainya (Sugito dan Sugandi, 2010). Perairan pantai merupakan perairan yang rentan terhadap perubahan, baik perubahan alami maupun akibat dari aktivitas manusia. Aktivitas manusia yang sekarang ini banyak dilakukan di wilayah pantai yaitu reklamasi pantai (Arika dan Riana, 2002).

2.2.4 Antropogenik Pesisir

Faktor antropogenik adalah proses geomorfologi yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. Aktivitas manusia di pantai dapat mengganggu kestabilan lingkungan pantai. Gangguan terhadap lingkungan pantai ada yang disengaja dan tidak disengaja. Gangguan yang disengaja bersifat protektif terhadap garis pantai dan lingkungan pantai, seperti pembangunan jetti, groin, pemecah gelombang. Gangguan yang disengaja bersifat protektif terhadap garis pantai dan lingkungan pantai, misalnya dengan membangun jetti, groin, pemecah gelombang atau reklamasi pantai. Aktivitas manusia yang tidak disengaja menimbulkan gangguan negatif terhadap garis pantai dan lingkungan pantai, misalnya pembabatan hutan bakau untuk konversi sebagai tambak (Sutikno, 1993).

2.3 Dinamika Pesisir

2.3.1. Akresi dan Sedimentasi

Abrasi pantai merupakan proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak (Setiyono, 1996). Yuwono (2005) membedakan antara erosi pantai dengan abrasi pantai. Erosi pantai diartikannya sebagai proses mundurnya garis pantai dari kedudukan semula yang disebabkan oleh tidak adanya keseimbangan antara pasokan dan kapasitas angkutan sedimen. Sedang abrasi pantai diartikan dengan proses terkikisnya batuan atau material keras seperti dinding atau tebing batu yang biasanya diikuti oleh longsoran dan runtuhannya material. Akresi atau sedimentasi adalah pendangkalan atau penambahan daratan pantai akibat adanya pengendapan sedimen yang dibawa oleh air laut. Akresi juga dapat merugikan masyarakat pesisir, karena selain mempengaruhi ketidakstabilan garis pantai, akresi juga dapat menyebabkan pendangkalan muara sungai tempat lalu lintas perahu-perahu nelayan yang hendak melaut.

Salah satu penyebab perlunya kajian mitigasi bencana di daerah pesisir adalah karena adanya abrasi dan akresi. Abrasi merupakan salah satu masalah yang mengancam kondisi pesisir, yang dapat mengancam garis pantai sehingga mundur ke belakang, merusak tambak maupun lokasi persawahan yang berada di pinggir pantai, dan juga mengancam bangunan-bangunan yang berbatasan langsung dengan air laut. Abrasi pantai didefinisikan sebagai mundurnya garis pantai dari posisi asalnya. Abrasi atau erosi pantai disebabkan oleh adanya angkutan sedimen menyusur pantai sehingga mengakibatkan berpindahannya sedimen dari satu tempat ke tempat lainnya. Abrasi merupakan peristiwa terkikisnya garis pantai akibat gerusan air laut, gerusan ini terjadi karena proses – proses alami seperti angin, gelombang dan arus, ataupun karena adanya aktivitas manusia seperti pembukaan hutan pantai (*hutan mangrove*) untuk kepentingan pemukiman, industri, maupun kegiatan perikanan (Bengen, 2001). Telah dikemukakan bahwa gelombang merupakan faktor utama pengikis, tetapi ditentukan juga oleh:

1. Jenis batuan dan daya tahan batuan
2. Struktur batuan
3. Stabilitas pantai
4. Terbuka atau tidaknya pantai terhadap pengaruh gelombang
5. Kedalaman laut di depan pantai
6. Banyak sedikitnya dan besar kecilnya materi-materi sebagai alat pengikis

Abrasi dikategorikan sebagai bencana pesisir yang memiliki dampak besar, sebagaimana disebutkan dalam UU No. 27/2007 ayat 1 (26) & (27). Dalam pasal 1 ayat (26) disebutkan "*bencana pesisir adalah kejadian karena peristiwa alam atau karena perbuatan orang yang menimbulkan perubahan sifat fisik dan/atau hayati pesisir dan mengakibatkan korban jiwa, harta, dan/atau kerusakan di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*", sedangkan ayat (27) menyebutkan "*dampak besar adalah terjadinya perubahan negatif fungsi lingkungan dalam skala yang luas dan intensitas lama yang diakibatkan oleh suatu usaha dan/atau kegiatan di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*".

Pergerakan massa air yang dibentuk secara umum oleh hembusan angin secara tegak lurus terhadap garis pantai disebut dengan gelombang (Open University, 1993). Dengan kata lain bahwa besar kecilnya energi gelombang yang terjadi di suatu perairan bergantung pada seberapa besar faktor kecepatan dan arah angin yang terjadi disana. Oleh karena itu, data meteorologi meski berupa peramalan sangatlah perlu untuk diperhitungkan karena dengan begitu pola angin sebagai gaya pembangkit gelombang dan arus dapat terpantau. Berdasarkan sifatnya, gelombang dibagi menjadi dua jenis, yakni yang bersifat merusak (*destructive*) dan membangun (*constructive*). *Destructive wave* merupakan gelombang yang menyebabkan terjadinya abrasi pantai karena memiliki tinggi dan kecepatan rambat gelombang yang sangat besar. Dan pecahnya gelombang akan menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar dan dapat menggerakkan sedimen dasar. Laju transport sedimen sepanjang pantai bergantung pada arah sudut datang gelombang, durasi, dan besar energi gelombang yang datang. Apabila gelombang yang terjadi membentuk sudut terhadap garis pantai, maka akan terjadi dua proses angkutan sedimen yang bekerja secara bersama, yakni komponen tegak lurus (*onshore-offshore transport*) dan sejajar garis pantai (*longshore transport*). Suatu pantai mengalami abrasi atau sedimentasi bergantung pada volume sedimen yang masuk dan juga keluar dari pantai. Selain gelombang yang terbentuk dari bangkitan angin, terdapat gelombang yang terbentuk dari badai atau tsunami. Gelombang ini termasuk dalam gelombang dengan kekuatan yang besar dan menjadi faktor alam penyebab abrasi pantai. Akibat gelombang badai sedimen akan tererosi dan kemudian mengendap menuju daerah lain membentuk *longshore bar*.

2.3.2 Metode Analisis Sedimen

Sedimen dasar perairan dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena kondisi hidro-oseanografi yang terjadi di sekitar kawasan pesisir. Untuk memudahkan analisa terhadap sedimen dasar perairan, digunakan 3 buah metode dibawah ini.

2.3.2.1 Metode Analisis Statistik Granulometri

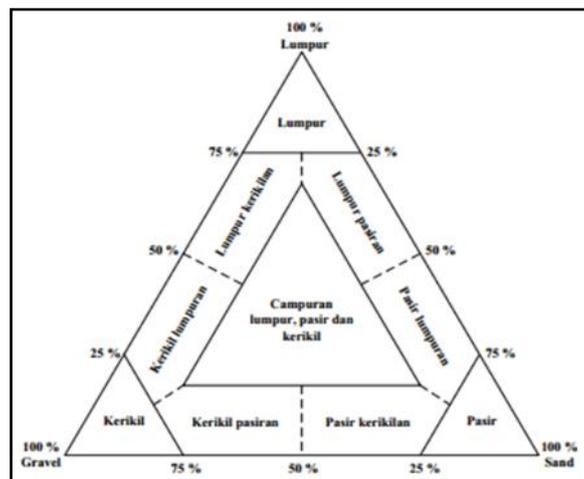
Analisis sedimen untuk mengetahui parameter sedimen berupa jenis tekstur sedimen, berat contoh kering serta nilai-nilai statistik sedimen seperti nilai sortasi, skewnees dan nilai

kurtosis dilakukan pada laboratorium sedimen milik salah satu konsultan geologi kelautan yang bernama GOMAM berlokasi di Bandung. Klasifikasi ukuran butir dilakukan berdasarkan klasifikasi Wentworth (1922).

Tabel 2-2: Klasifikasi ukuran butir sedimen (Wenworth, 1922).

Millimeters (mm)	Micrometers (μm)	Phi (ϕ)	Wentworth size class	Rock type	
4096		-12.0	Boulder	Conglomerate/ breccia	
256		-8.0	Cobble		
64		-6.0	Pebble		
4		-2.0	Granule		
2.00		-1.0	Very coarse sand		
1.00		0.0	Coarse sand	Sandstone	
1/2	0.50	1.0	Medium sand		
1/4	0.25	2.0	Fine sand		
1/8	0.125	3.0	Very fine sand		
1/16	0.0625	4.0	Coarse silt		
1/32	0.031	5.0	Medium silt	Siltstone	
1/64	0.0156	6.0	Fine silt		
1/128	0.0078	7.0	Very fine silt		
1/256	0.0039	8.0	Clay		
0.00006	0.06	14.0	Clay	Mud	Claystone

Penentuan jenis sedimen dilakukan berdasarkan klasifikasi Diagram Segitiga Shepard tahun 1954 (Dyer, 1986), sedangkan untuk menafsirkan sebaran, mekanisme pengangkutan dan pengendapan sedimen digunakan pendekatan statistik dari masing-masing kelompok sedimen. Penentuan jenis sedimen dilakukan berdasarkan klasifikasi Diagram Segitiga Shepard tahun 1954 (Dyer, 1986), sedangkan untuk menafsirkan sebaran, mekanisme pengangkutan dan pengendapan sedimen digunakan pendekatan statistik dari masing-masing kelompok sedimen. Parameter statistik yang digunakan dalam analisis sedimen adalah sebagai berikut:



Gambar 2-7: Diagram segitiga campuran (Shepard 1954 dalam Dyer 1986)

Sortasi dapat menunjukkan batas ukuran butir atau keanekaragaman ukuran butir, tipe dan karakteristik serta lamanya waktu sedimentasi dari suatu populasi sedimen (Folk, 1968). Menurut Friedman dan Sanders (1978), sortasi atau pemilahan adalah penyebaran ukuran

butir terhadap ukuran butir rata-rata. Sortasi dikatakan baik jika batuan sedimen mempunyai penyebaran ukuran butir terhadap ukuran butir rata-rata pendek.

Tabel 2-3: Klasifikasi sortasi (Folk and Ward, 1957)

<i>Sorting (σ_a)</i>	
< 0,35	<i>Very well sorted</i> (Terpilah sangat baik)
0,35 – 0,50	<i>Well sorted</i> (Terpilah baik)
0,50 – 0,71	<i>Moderately well sorted</i> (Terpilah cukup baik)
0,71 – 1,00	<i>Moderately sorted</i> (Terpilah sedang)
1,00 – 2,00	<i>Poorly sorted</i> (Terpilah cukup)
2,00 – 4,00	<i>Very poorly sorted</i> (Terpilah sangat buruk)
> 4,00	<i>Extremely poorly sorted</i> (Terpilah sangat buruk sekali)

a. Kemencengan (Skewness/Ska)

Nilai kemencengan adalah penyimpangan distribusi ukuran butir terhadap distribusi normal. Distribusi normal adalah suatu distribusi ukuran butir dimana pada bagian tengah dari sampel mempunyai jumlah butiran paling banyak. Butiran yang lebih kasar serta lebih halus tersebar disisi kanan dan kiri dalam jumlah yang sama. Persamaan statistik dan klasifikasi kemencengan berdasarkan persamaan yang dibuat Blott & Pye (2001):

$$Sk_a = \frac{\sum f(m_m - \bar{x}_a)^3}{100\sigma_a^3}$$

Pengelompokan nilai *Skewness* didasarkan pada Folk & Ward (1957) (Tabel 3-5).

Tabel 2-4: Klasifikasi *skewness* (Folk & Ward, 1957).

<i>Skewness (Sk_a)</i>	
+0,3 to +0,1	<i>Very fine skewed</i> (Menceng sangat halus)
+0,1 to +0,3	<i>Fine skewed</i> (Menceng halus)
+0,1 to -0,1	<i>Symmetrical</i> (menceng simetris)
-0,1 to -0,3	<i>Coarse skewed</i> (Menceng kasar)
-0,3 to -1,0	<i>Very coarse skewed</i> (Menceng sangat kasar)

b. Peruncingan (Kurtosis/K)

Kurtosis menunjukkan kepuncakan atau kedataran distribusi dalam perbandingan kepada distribusi normal. Ukuran ini tidak sering digunakan untuk mengukur distribusi ukuran partikel pada sungai-sungai dengan dasar kerikil (Junaidi dan Wigati, 2011). Folk & Ward (1957) mengusulkan untuk menghitung kurtosis menggunakan ekor dan kuartil dari distribusi. Kurtosis dihitung dengan pendekatan oleh Folk & Ward (1957) yang dikelompokkan ke dalam enam kategori (Tabel 3-6).

Tabel 2-5: Klasifikasi kurtosis (Folk and Ward, 1957).

<i>Kurtosis (K)</i>	
<0,67	<i>very platykurtic</i> (Sangat platikurtik)
0,67-0,9	<i>Platykurtic</i> (Platikurtik)
0,9-1,11	<i>Mesokurtic</i> (Mesokurtik)
1,11-1,5	<i>Leptokurtic</i> (Leptokurtik)
1,5-3	<i>very leptokurtic</i> (Sangat Leptokurtik)

Apabila dalam suatu distribusi ukuran butir berlebihan partikel kasar, maka kurtosis bernilai negatif dan begitu pula sebaliknya, apabila distribusi ukuran butir berlebihan partikel halus maka kurtosis bernilai positif (Folk, 1974).

2.3.2.2 Metode Analisis Isotop Alami Pb-210

Setiap lapisan sedimen ditimbang berat basah dan selanjutnya dilakukan pengeringan dengan oven pada suhu 60°C selama sekitar 3 hari. Pengeringan bertujuan untuk mendapatkan persentase kandungan air dalam sedimen. Kandungan air ditentukan dari perbedaan berat basah dan berat kering sampel. Porositas merupakan persentase dari perbandingan selisih berat basah sedimen. Sampel dibagi dua, sebagian dianalisis kandungan logam beratnya dengan teknik aktivasi neutron untuk studi kronologi pencemaran dan sebagian dianalisis kandungan radionuklida alam Pb-210 untuk menentukan umur dan laju akumulasi sedimen. Aktivitas Pb-210 total ditentukan dari hasil pengukuran salah satu anak luruhnya yaitu ^{210}Pb dengan asumsi terdapat kesetimbangan antara keduanya.

2.3.2.3 Metode Perhitungan Laju Sedimentasi

Laju sedimentasi adalah banyaknya massa sedimen yang terangkut melalui satu satuan luas dalam setiap waktu (Painter, 1976 dalam Alimuddin, 2012). Laju pergerakan dan penyebaran sedimen dalam perairan adalah fungsi dari karakteristik sedimen-sedimen yang meliputi ukuran dan densitas, serta karakteristik dari aliran terutama kecepatan aliran dan temperatur.

Perhitungan laju sedimentasi dilakukan dengan menggunakan rumus sederhana. Sebelum melakukan perhitungan dibutuhkan parameter berat atau bobot sedimen yang tertambat, untuk mengetahui berat sedimen yang tertambat diperlukan proses pengeringan dan penimbangan pada saat analisis granulometri dilakukan. Pengeringan sampel sedimen yang terperangkap di sedimen trap pada suhu ruangan normal, setelah kering sedimen di saring untuk memisahkan batu ataupun sejenisnya dari sedimen. Bila sudah didapat sedimen yang kering baru dilakuakn perhitungan dengan menggunakan metode Lanuru dan Fitri (2005). Laju sedimentasi untuk mengetahui laju endapan sedimentasi dihitung dengan menggunakan rumus Lanuru dan Fitri, 2005, sebagai berikut :

$$L_s = (m/L) / t \qquad L = \pi r^2$$

Dimana :

Ls = Laju sedimentasi (gm/cm²/hari)

m = Berat atau bobot sedimen yang tertambat/berat kering (gm)

t = Jangka waktu sedimen dipasang (hari)

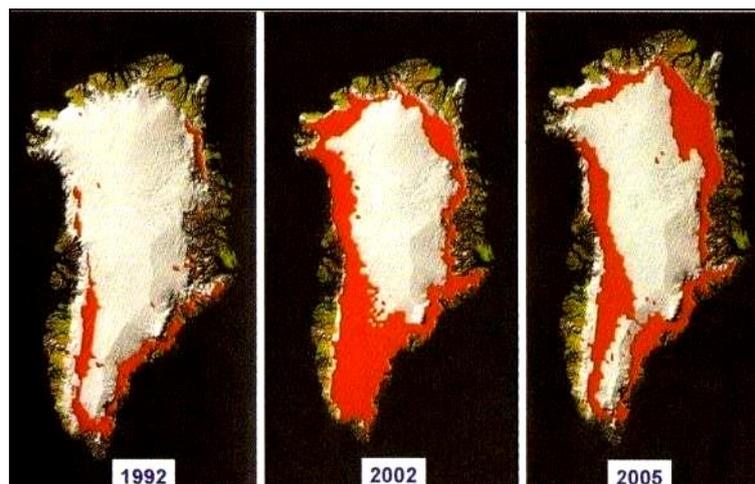
- L = Luas penambat sedimen (cm²)
- r = Jari-jari penambat sedimen (cm)
- n = 3,14

2.4 Dampak perubahan iklim

Dampak perubahan iklim yang terjadi saat ini seperti cuaca ekstrim, kenaikan muka air laut, perubahan suhu permukaan air laut, perubahan pola cuaca dan iklim setempat telah dirasakan oleh masyarakat pesisir. Kenaikan permukaan air laut telah merendam sejumlah wilayah pesisir. Potensi bencana dan perubahan iklim juga berdampak terhadap degradasi ekosistem, pencemaran, erosi, ketersediaan air bersih, dan keanekaragaman hayati.

2.4.1 Kenaikan Muka Air Laut

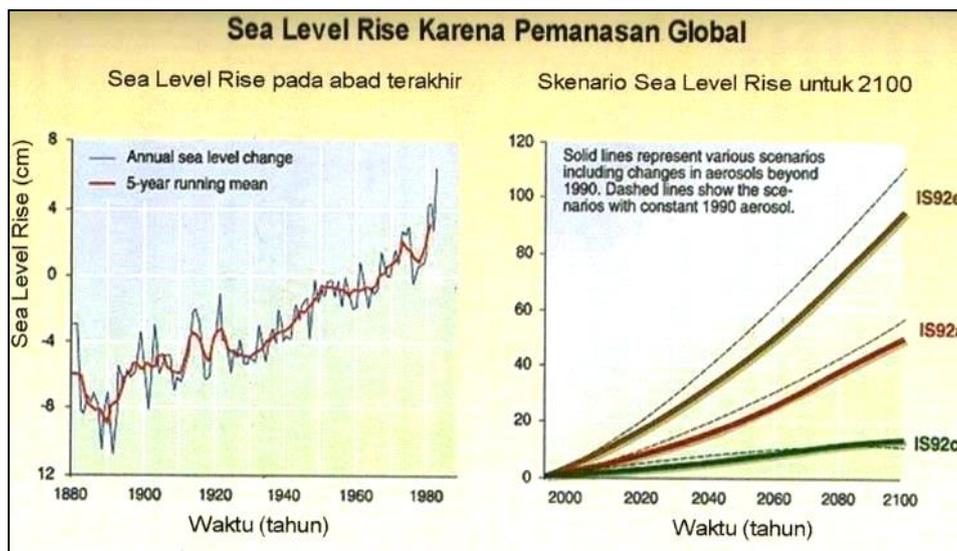
Setiyono et al (1994) mendefinisikan paras laut atau sering pula disebut muka air laut atau *mean sea level* (MSL) adalah rata-rata ketinggian permukaan laut untuk semua tingkatan pasang. Paras laut ditentukan dengan menghitung rata-rata pasang tinggi dan pasang rendah selama periode beberapa tahun. Menurut Ongkosongo (1989), dinyatakan bahwa permukaan laut rata-rata merupakan air laut yang dianggap tidak dipengaruhi oleh keadaan pasut. Nilai kedudukan permukaan air laut tersebut biasanya digunakan sebagai referensi ketinggian titik-titik diatas permukaan bumi. Kedudukan permukaan air laut rata-rata setiap saat berubah-ubah sesuai dengan perubahan dari posisi benda-benda langit, serta kerapatan air laut (densitas) di tempat tersebut sebagai akibat perubahan suhu air, salinitas dan tekanan atmosfer. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) memperkirakan bahwa kenaikan muka air secara global dari 1990 – 2100 akan mencapai 23-96 cm. Sementara kenaikan suhu dunia dalam jangka waktu tersebut sekitar 2°C sampai 4,5°C (IPCC, 2007). Apabila kenaikan suhu berlangsung dengan cepat dan kontinyu maka akan semakin banyak gletser dan tudung es yang mencair / meleleh di Kutub Utara dan Selatan bumi. Indonesia sebagai negara kepulauan yang mayoritas terdiri dari perairan, akan mengalami kenaikan muka air laut akibat peristiwa tersebut.



Gambar 2-8: Kondisi penyusutan lapisan es dari masa ke masa di Greenland (IPCC, 2007)

Dikatakan bahwa berdasarkan pengamatan, peningkatan paras muka laut akibat meningkatnya temperatur adalah sekitar 1 mm/tahun pada dekade ini. Studi yang didasarkan pada pengamatan dan pemodelan hilangnya massa gletser dan tutupan es menunjukkan sumbangannya terhadap naiknya muka laut rata-rata sebesar 0,2 sampai 4

mm/tahun pada abad ke-20 (*Diposaptono, 2009*). Di dalam Diposaptono (2009), disebutkan berbagai hasil studi menunjukkan, selama abad terakhir ini permukaan laut cenderung meningkat dan tahun ke tahun seiring dengan meningkatnya suhu udara secara global. Van der Veen (1988) memperkirakan, paras muka laut global naik sekitar 1,5 mm setiap tahunnya. Studi yang dilakukan oleh *National Academy of Science America* pada tahun 1989 memperkirakan bahwa pada tahun 2100 kenaikan muka laut berkisar antara 0,3 sampai 2 m. berdasarkan data peningkatan suhu permukaan air laut dan pencairan es di daerah kutub, *International Panel For Climate Change IPCC* (1990) memperkirakan bahwa pada kurun waktu 100 tahun dihitung sejak 1990, muka air laut akan meningkat setinggi 15-90 cm dengan kepastian peningkatan sebesar 48 cm, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2-9.



Gambar 2-9: Elevasi muka laut tahun 1880 -1990 (kiri) dan prediksi 2100 (kanan). (IPCC, 2007)

Kondisi yang serupa juga terjadi di wilayah perairan Indonesia. Berdasarkan data Pusat Riset Kelautan pada tahun 2009, pada umumnya perairan Indonesia mengalami kenaikan 0,75-0,76 cm/tahun kecuali untuk perairan pulau Jawa dan bagian Utara Pulau Papua yang mengalami kenaikan muka air laut sebesar 0,74-0,75 cm/tahun dan Laut Banda diatas 0,76 cm/tahun. Fakta menunjukkan elevasi (ketinggian) paras muka laut relatif di beberapa pantai di Indonesia juga mengalami kenaikan. Setidaknya, itulah hasil dari pantauan Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (*Bakosurtanal*) pada tahun 2002. Berdasarkan catatan stasiun pasang surut di Jakarta, Semarang, Jepara, Batam, Kupang, Biak, dan Sorong maka elevasi muka air laut di kawasan tersebut meningkat sejak tahun 1990 hingga saat ini (*Seobandono, 2009*).

2.4.2 Banjir Rob

Salah satu bencana yang dominan terdapat di kawasan pesisir adalah bencana banjir. Banjir merupakan bencana yang dapat memberikan ancaman serius terhadap penduduk, terutama mereka yang menempati bantaran sungai-sungai besar atau tinggal di daerah dataran rendah (ledokan) serta di wilayah pesisir. Banjir sebagai meluapnya air sungai yang menggenangi daerah yang rendah terutama di sekitar sungai luapan sungai terjadi karena adanya adanya debit sungai yang besar, sehingga kapasitas saluran tidak mampu menampung debit air yang ada atau dengan kata lain kapasitas tampung sungai terlampaui.

Untuk kawasan pantai, keadaan pasang naik air laut sangat mempengaruhi terjadinya banjir dan genangan. Jenis banjir akibat pasang surut ini yang akan dikaji lebih jauh. Pada umumnya jenis banjir yang terjadi di Indonesia dapat dikategorikan menjadi 3 (tiga) macam yaitu: (Bakosurtanal 2002)

- Banjir yang terjadi karena meluapnya air sungai
- Banjir lokal akibat hujan
- Banjir yang disebabkan oleh pasang surut air laut

2.4.3 Penataan Ruang Sebagai Alat Mitigasi Bencana

Penataan ruang dapat dijadikan alat mitigasi (pencegah) bencana di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Berdasarkan data yang ada, lebih dari 110 juta jiwa penduduk Indonesia tinggal di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil dengan kondisi rawan dengan bencana alam, bahkan di sepanjang *ring of fire* dari Sumatera-Jawa-Bali-Nusa Tenggara-Banda-Maluku, rawan bencana tsunami. Diharapkan pemerintah daerah dapat menerjemahkan bencana tersebut dalam penataan ruang di daerahnya. Ancaman bencana yang terjadi pada wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil yang merupakan ancaman alam/*Natural Hazards* dapat berbentuk banjir, erosi, abrasi, rob (genangan pasang air laut) serta tsunami. Wilayah Pesisir di Pulau Jawa yang rawan terhadap bencana tersebut adalah Semarang, Kendal, Tegal, Jepara, Probolinggo (terjadi erosi, dan abrasi).

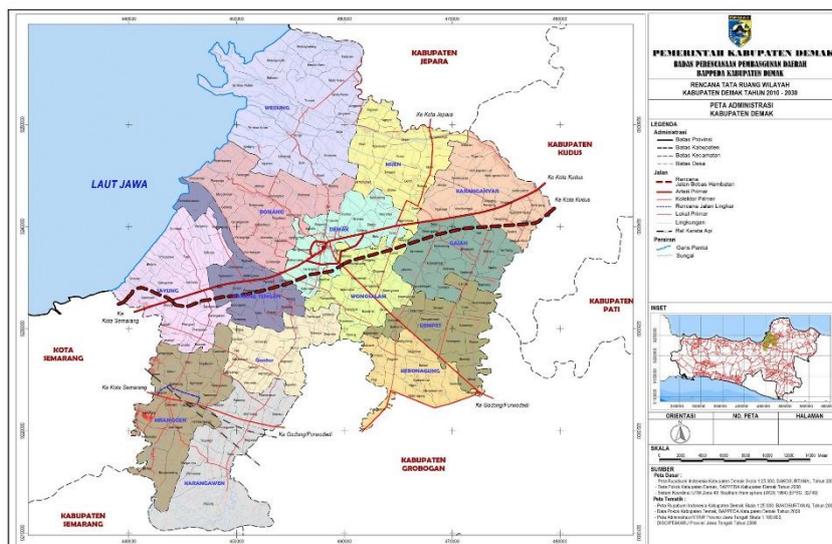
Mitigasi bencana merupakan kegiatan yang amat penting dalam penanggulangan bencana karena kegiatan ini merupakan kegiatan yang memperkirakan sebelum terjadinya bencana alam yang dimaksudkan untuk mengantisipasi agar dampak yang ditimbulkan dapat dikurangi. Masyarakat yang berada di daerah rawan bencana sangat besar peranannya sehingga perlu ditingkatkan kepedulian terhadap alam.

3. Profil Kecamatan Sayung

3.1 Wilayah dan Topografi

Kecamatan Sayung merupakan salah satu Kecamatan di Kabupaten Demak. Sebelah utara wilayah ini berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Karang Tengah, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Mranggen, serta sebelah barat berbatasan dengan Kota Semarang. Jarak terjauh dari barat ke timur adalah sepanjang 8 km dari utara ke selatan sepanjang 16 km (*BPS, 2007*).

Secara administratif wilayah Kecamatan Sayung terdiri atas 20 desa, 101 Dusun serta 104 RW dan 449 RT. Seluruh desa di Kecamatan Sayung sudah termasuk klasifikasi swasembada. Jumlah perangkat yang telah terisi adalah Kepala Desa sejumlah 18 orang, sekertaris desa 19 orang, kepala dusun 96 orang, kepala urusan 88 orang dan pembantu kaur 66 orang.



Gambar 3-1: Lokasi Kecamatan Sayung, Demak (Bappeda Kab. Demak)

3.2 Kondisi Ekologi

Kecamatan Sayung memiliki luas 2.112 ha, dengan panjang pantai 16,06 km yang melewati beberapa desa, yaitu Desa Triwulan dengan panjang 2,50 km, Desa Bedono dengan panjang 5,50 km, Desa Timbulsloko dengan panjang 3,50 km dan Desa Surodadi dengan panjang 4,56 km. Kondisi perairan pantai di Kecamatan Sayung tersaji pada Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Panjang pantai dan kondisi lahan Kecamatan Sayung tahun 2007

Kelurahan/ Desa	Panjang Pantai (km)	KONDISI LAHAN			
		Pasir (km)	Lumpur (km)	Landai (km)	Curam (km)
Sayung					
1. Desa Sriwulan	2,5	-	2,5	2,5	-
2. Desa Bedono	5,5	-	5,5	5,5	-
3. Desa Timbulsloko	3,5	-	3,5	3,5	-
4. Desa Surodadi	4,56	-	4,56	4,56	-

Sumber : Kantor Pengendalian Dampak Lingkungan (2008)

Wilayah pantai di Kecamatan Sayung dimanfaatkan masyarakat untuk berbagai fungsi dan aktivitas, diantaranya untuk area pertambakan, pertanian, pantai wisata, pemukiman, kawasan industri dan fasilitas-fasilitas lain. Wilayah pantai Kecamatan Sayung memiliki jenis tanah *ustic endoquaters* yang sangat rawan terhadap erosi. Hal ini dikarenakan jenis tanah ini bersifat *dispars* yaitu mudah mengembang dan mengkerut bila terkena air, dan sangat rapuh terhadap gempuran ombak. Luasan abrasi dan intrusi air laut di Kecamatan Sayung tersaji pada Tabel 3-2.

Tabel 3-2: Luasan abrasi dan interusi air laut Kecamatan Sayung tahun 2007

Kelurahan/ Desa	Panjang Pantai (km)	Abrasi (ha)	Akresi (ha)	Pantai Wisata	
				Nama	Luas (ha)
Sayung					
1. Desa Sriwulan	2.5	75	-	-	-
2. Desa Bedono	5.5	96,96	-	Morosari	5,4
3. Desa Timbulsloko	3.5	40	-	-	-
4. Desa Surodadi	4.56	30	5,5	-	-

Sumber : Kantor Pengendalian Dampak Lingkungan (2008)

Dari data di atas, dapat kita lihat terjadi perubahan garis pantai yang cukup signifikan akibat adanya abrasi. Berdasarkan data yang diperoleh dari Kantor Pengendalian Dampak Lingkungan tahun 2002 tercatat panjang garis pantai Kecamatan Sayung 10 km akan tetapi pada tahun 2007 panjang garis pantai bertambah menjadi 15,06 km. Proses penambahan ini dipengaruhi oleh peristiwa abrasi yang selama ini kurang mendapat penanganan secara serius. Luasan wilayah Kecamatan Sayung juga mengalami perubahan. Jika pada tahun 2004 luas wilayah 2.102 ha pada tahun 2007 menjadi 2.112 ha dengan kata lain terjadi penambahan luas wilayah sebanyak 10 ha.

3.3 Iklim

hampir di setiap tahun pada periode musim hujan terdapat intensitas curah hujan sangat lebat dengan intensitas lebih dari 100 mm/hari. Hanya pada periode musim hujan tahun 2004/2005 dan periode musim hujan tahun 2006/2007 yang tidak mengandung data curah hujan lebih dari 100 mm/hari, namun pada periode tersebut terdapat curah hujan yang termasuk dalam kategori intensitas lebat yaitu intensitas curah hujan 51-100 mm/hari (Estiningrum *et al*, 2015).

3.4 Suhu

Suhu udara maksimum di Kecamatan Sayung sekitar 39,5°C dan minimum 15,1°C, atau rata-rata sekitar 28,22°C. Tekanan udara yang terjadi sekitar 1.010,039 milibar dan kecepatan angin adalah normal mencapai 2.067 m/detik. Suhu perairan berpengaruh terhadap berbagai macam faktor yang terdapat di perairan laut seperti distribusi plankton (Simajuntak, 2009), hasil tangkapan perikanan (Syahdan *et al*, 2007), pola angin muson (Farita, 2006) dan vegetasi mangrove (Amin, 2015).

3.5 Potensi Abrasi dan Akresi

Hasil kajian pustaka dan penelaahan data sekunder menunjukkan bahwa banyak tempat di Kabupaten Demak telah mengalami abrasi maupun akresi. Hal ini tidak hanya disebabkan aktivitas yang dilakukan di daerah Demak saja, akan tetapi aktivitas yang dilakukan di daerah lain di sekitar Demak juga mempunyai andil, seperti adanya pembangunan penahan gelombang yang dibangun di perairan Semarang pada musim-musim tertentu mengakibatkan terjadinya pembelokan gelombang ke arah Demak yang akhirnya menyebabkan terjadinya abrasi maupun akresi. Berbagai dampak yang ditimbulkan dari terjadinya abrasi antara lain adalah perubahan biofisik habitat. Perubahan ini ditandai dengan perubahan garis pantai di wilayah pantai. Dengan terjadinya abrasi ini maka wilayah daratan semakin berkurang (Ahmad dan Kusumo, 2006). Disisi lain, terjadinya abrasi juga memberikan dampak terhadap ekosistem wilayah pantai. Dengan semakin menjoroknya air laut ke daratan, maka ekosistem pantai juga akan mengikuti perubahan itu sehingga wilayah daratan yang semula jauh dari wilayah pantai akan mengalami tekanan ekologis akibat perubahan kondisi lingkungan biofisik dan ekologi wilayah pantai. Abrasi dan akresi hingga saat ini banyak menimbulkan konflik fisik maupun sosial terutama dalam kaitannya dengan kepemilikan lahan. Pada satu sisi di daerah yang terkena abrasi banyak menghilangkan lahan/tanah pertambakan dan permukiman milik penduduk setempat dan pada satu sisi lainnya pada daerah yang terkena akresi justru muncul lahan-lahan baru (tanah timbul dan/atau Tirang) yang menimbulkan konflik sosial akan "perebutan" status kepemilikan terhadap lahan-lahan baru tersebut. Supriyanto *et al* (2003) menyatakan, hilang atau

rusaknya tambak dan sawah di perairan pesisir yang diakibatkan adanya abrasi menyebabkan hilangnya mata pencaharian sebagian penduduk setempat.

Upaya penanganan abrasi dapat dilakukan antara lain dengan pembuatan groin, pembuatan tanggul, penanaman *mangrove* (reboisasi hutan *mangrove*), dan lain sebagainya. Upaya-upaya penanganan abrasi seperti halnya pembuatan groin dan pembangunan tanggul di wilayah pantai membentuk suatu ekosistem baru sebagai sumberdaya buatan. Hal ini sesuai dengan UU No. 27/2007 pasal 1 ayat (4) mengenai sumberdaya wilayah pesisir yang salah satunya menyebutkan berupa infrastruktur laut yang berkaitan dengan kelautan dan perikanan, diantaranya adalah sarana pencegahan/penanggulangan abrasi seperti halnya groin dan tanggul pantai.

Hasil penelitian dari KKP menyebutkan sepanjang Pantai Utara Jawa telah terkena abrasi/erosi seluas 6.566,97 ha total di 13 Kabupaten sedangkan untuk Kabupaten yang terkena dampak abrasi/erosi paling parah adalah di Kabupaten Brebes dengan lahan yang terkena abrasi seluas 2.115,32 ha. Kabupaten dengan wilayah yang terkena abrasi nomor 2 adalah Kabupaten Demak dengan lahan yang terkena abrasi/erosi seluas 1.016,22 ha disusul Kabupaten Jepara dengan lahan yang terkena abrasi/erosi seluas 938,73 ha. Sedangkan untuk Kabupaten yang paling sedikit terkena dampak abrasi/erosi dibandingkan dengan 13 Kabupaten lainnya adalah Kabupaten Pekalongan seluas 0,24 ha. Kecamatan yang terkena dampak abrasi/erosi paling parah adalah di Kecamatan Sayung dengan total luasan abrasi/erosi seluas 935,18 yang disusul oleh Kecamatan Losari di Brebes dengan total 834,33 ha. Abrasi yang terjadi di Kecamatan Sayung selama 20 tahun terakhir diperkirakan yang terbesar di kawasan pantai utara dan selatan Jawa dan bahkan di Indonesia. Luas kawasan yang terkena erosi mencapai 2.116,54 hektar yang menyebabkan garis pantai mundur sepanjang 5,1 kilometer dari garis pantai di tahun 1994 lalu. Kenaikan permukaan air laut di kawasan Kota Semarang yang berbatasan dengan Demak yang rata-rata sekitar 7,8 milimeter menjadi salah satu penyebab tetapi bukan merupakan yang utama, seperti dijelaskan oleh pakar kelautan dari Universitas Diponegoro Muhammad Helmi.

Hasil analisis berdasarkan data tersebut, kenaikan muka laut di kota Semarang 7,74 milimeter, atau katakanlah 7,8 milimeter per tahun di Semarang dan kalau *sea level rise* itu akan sama dengan Demak karena sangat dekat, ini relatif kecil dibandingkan dengan *land subsidence* yang mencapai 5,5 sampai 13 sentimeter per tahun (Helmi, 2015). Selain itu, bangunan yang menjorok ke pantai, reklamasi juga menjadi salah satu penyebab erosi. Di Demak penyebabnya adalah pembangunan kolam pelabuhan yang digunakan untuk parkir kapal yang menjorok hingga 1,8 km ke pantai. Dosen Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro Undip, Denny Nugroho, mengatakan penanaman *mangrove* dapat berhasil dilakukan dibarengi dengan sabuk pantai untuk melakukan rehabilitasi wilayah yang terkena abrasi. Jadi itu digunakan untuk menjaga agar *mangrove* tetap dapat tumbuh dan rehabilitasi daerah yang terkena abrasi dapat dilakukan dengan memerangkap sedimen (Denny, 2015). Tetapi, upaya tersebut membutuhkan dana yang besar. Selain Dusun Rejosari Senik, Dusun Tambaksari di Desa Bedono juga tenggelam, dari 66 Kelapa Keluarga, tinggal tujuh Kepala Keluarga yang masih tetap bertahan. Kementerian Kelautan dan Perikanan menyatakan penanaman *mangrove* merupakan salah satu cara untuk mencegah terjadinya erosi yang terjadi di sejumlah desa di Kecamatan Sayung.

Dari data yang dikumpulkan serta dianalisis secara deskriptif diketahui bahwa daerah pesisir di Kecamatan Sayung yang terkena banjir rob pada ketinggian 0,25 m adalah Desa Sriwulan, Desa Surodadi, Desa Bedono dan Desa Timbulsloko. Dampak banjir rob antara lain: kerusakan bangunan tempat tinggal, salinitas air tanah, kerusakan lahan tambak, dan, kehilangan lahan, serta kerusakan pada kendaraan atau peralatan kerja. Respon masyarakat terhadap banjir rob yang terjadi yakni masyarakat tetap tinggal dan pindah atau mengungsi. Adaptasi dilakukan pada bangunan tempat tinggal, ketersediaan air bersih dan pada lahan tambak. Adaptasi pada bangunan tempat tinggal yaitu meninggikan lantai rumah, meninggikan rumah dan atapnya, membuat tanggul, membuat saluran air (Desmawan, 2015).

Pada daerah Timbulsloko, Kabupaten Demak terdapat pelindung pantai yang berfungsi untuk menahan transpor sedimen sepanjang pantai sehingga dapat mengurangi atau menghentikan abrasi yang terjadi. Salah satu penyebab abrasi yaitu gelombang laut dan arus sepanjang pantai (*longshore current*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa arah datang gelombang di Perairan Timbulsloko, Kabupaten Demak didominasi dari arah gelombang datang dominan untuk musim barat yaitu dari arah barat. Sedangkan untuk musim timur yaitu dari arah timur laut dengan. Untuk potensi transpor sedimen pada musim barat lebih besar daripada musim timur dan laju sedimentasi pada groin di perairan Timbulsloko pada sisi timur laut groin lebih tinggi dibandingkan pada sisi barat daya dengan jenis sedimen yaitu lanau dan lanau lempungan (Pranoto, et al 2016).

Selain itu dari aspek sosial dan ekonomi, penambahan penduduk mendorong perubahan tak terbatas pada jumlah penduduk. Tingkat pendapatan petani tambak akibat abrasi 5 tahun terakhir di Desa Surodadi mengalami penurunan produksi sesudah abrasi adalah 46% dan di Desa Timbulsloko mengalami penurunan produksi sesudah abrasi adalah 79%, sedangkan luas lahan tambak di Desa Surodadi mengalami penurunan luas lahan tambak sesudah abrasi 28% dan di Desa Timbulsloko mengalami penurunan luas lahan tambak sesudah abrasi 70%. Daerah yang terkena abrasi sebagian luas lahan tambak hilang adalah Desa Timbulsloko (Cakrawala I Ismail, 2012).

Sejak tahun 2015, Ditjen PRL bekerjasama dengan *Ecoshape Consortium* melaksanakan kegiatan restorasi pesisir melalui Program Membangun bersama Alam (*Building with Nature/BwN*) di Demak dan Semarang, yang merupakan dua kawasan tererosi parah di pantai utara Jawa Tengah Peluncuran kerjasama BwN dilakukan pada tanggal 3 Maret 2015. Kerjasama BwN dimulai tahun 2015 hingga tahun 2019 yang merupakan tindak lanjut Memorandum Saling Pengertian tentang Kerjasama dalam Bidang Keairan (*Memorandum of Understanding/MoU Concerning The Cooperation in The field of Water*) antara Pemerintah Belanda dan Pemerintah Indonesia yang telah ditandatangani pada tanggal 14 April 2015 di Korea Selatan. Naskah perjanjian kerjasama BwN, yaitu *Collaboration Agreement on the Building with Nature (BwN) Indonesia: Securing Eroding Delta Coastline Project*, telah ditandatangani pada tanggal 14 Desember 2015 di Sanur, Bali. Lingkup kerjasama BwN meliputi (i) pembangunan konstruksi pemerangkap sedimen (struktur hibrid) yang merupakan struktur pelindung pantai yang terbuat dari kumpulan ranting dan kayu yang berfungsi untuk mengurangi erosi sekaligus menangkap sedimen, (ii) penanaman dan pemeliharaan *mangrove*, dan (iii) revitalisasi 300 ha tambak. Untuk kegiatan budidaya ramah lingkungan.

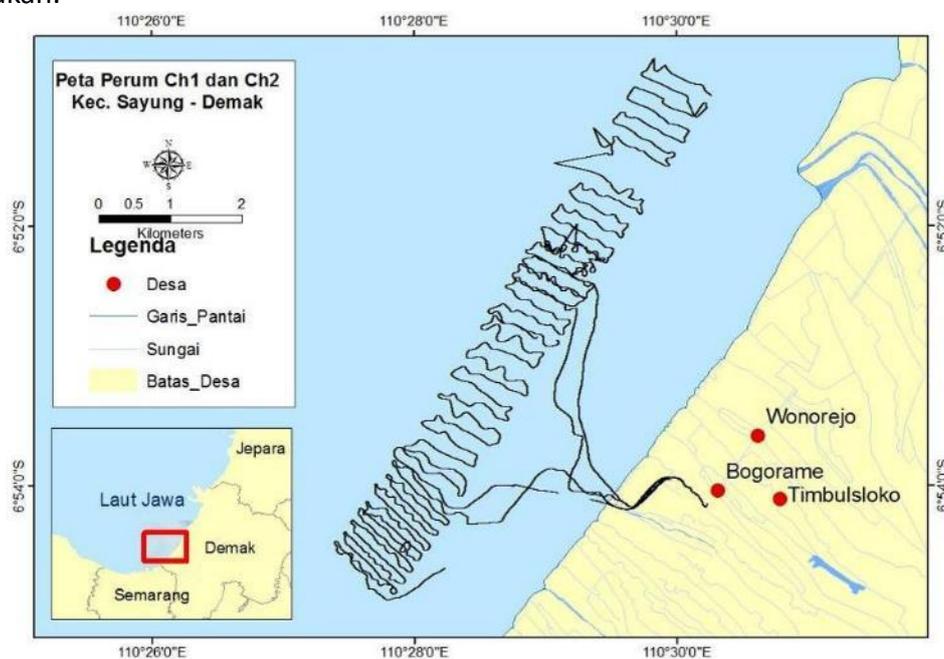
4. Kondisi Hidrodinamika Perairan Sayung

Kondisi hidrodinamika merupakan salah satu aspek yang sangat berpengaruh terhadap bentuk dan kondisi morfologi kawasan pesisir. Fenomena yang terjadi di kawasan pesisir selain dari arah daratan, kondisi hidrodinamika juga berperan penting terhadap sebaran sedimen dan kelangsungan biota lingkungan pesisir.

4.1 Kedalaman Perairan

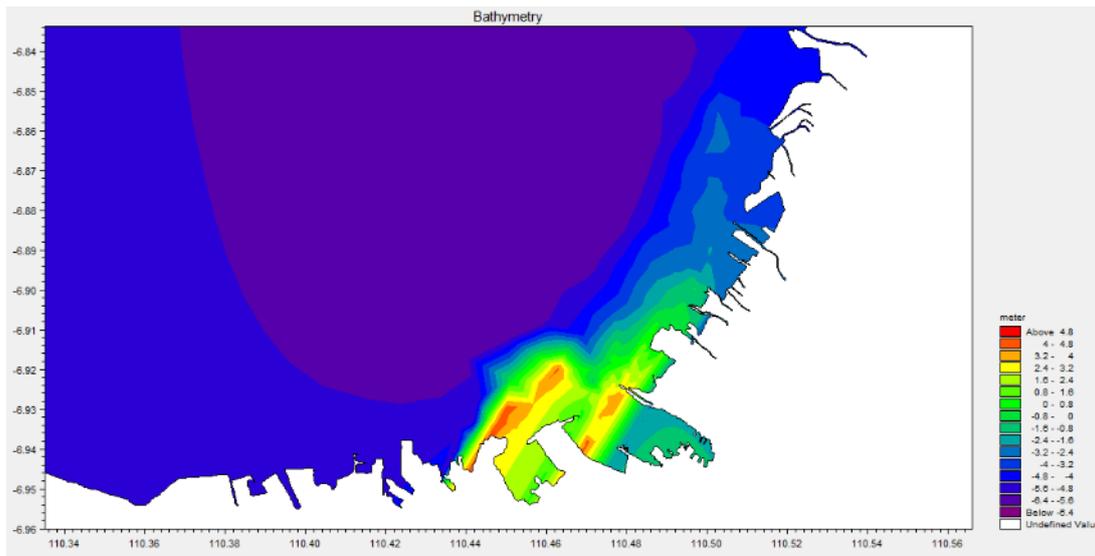
4.1.1 Batimetri Pesisir *in situ*

Data yang digunakan dalam menganalisis morfologi dasar perairan hingga ke pantai digunakan data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung. Pada saat pengukuran batimetri kondisi perairan sangat dipengaruhi oleh gelombang yang mengakibatkan kapal pengukur kedalaman sulit untuk sesuai dengan jalur yang direncanakan.



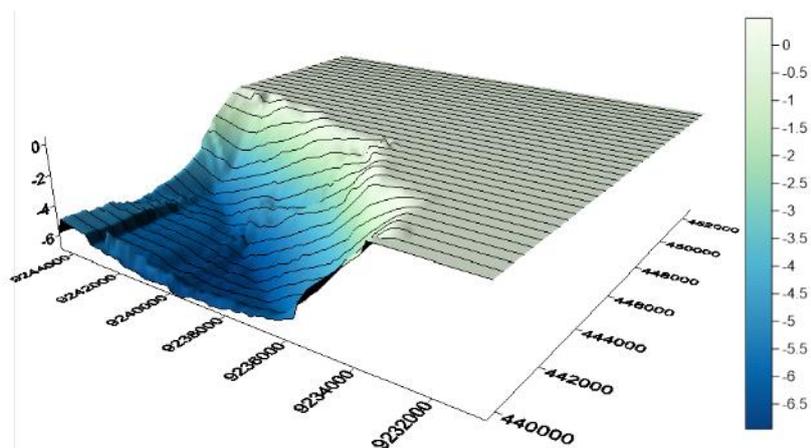
Gambar 4-1: Peta jalur perum kedalaman per Maret 2016 (Data penelitian, 2016)

Pada gambar 4.1 terlihat jalur pengukuran batimetri dimulai dari sungai yang bermuara ke laut. Jalur pengukuran batimetri menggunakan kapal dibuat dengan jarak 200 meter untuk mendapatkan hasil yang tidak terlalu jauh dengan nilai sebenarnya. Rute pengukuran terlihat tidak lurus secara vertikal ataupun horizontal dikarenakan ketika pengukuran adanya gelombang dan arus pantai yang bisa merubah arah kapal berlayar.



Gambar 4-2: Batimetri 2D Kecamatan Sayung (setelah koreksi pasut)

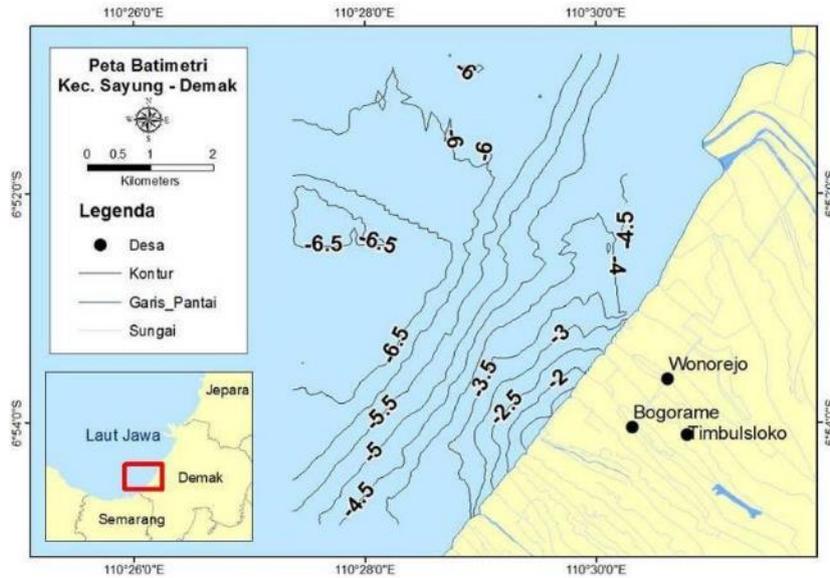
Peta kedalaman perairan pada gambar 4.2 dibuat menggunakan model matematis dengan metode interpolasi untuk mendapatkan sebaran nilai kedalaman di daerah penelitian. Peta batimetri tersebut akan digunakan untuk pemodelan hidrodinamika guna mengetahui fenomena yang terjadi di daerah pesisir.



Gambar 4-3: Batimetri 3D Kecamatan Sayung (setelah koreksi pasut)

Selain menampilkan gambar 2D peta kedalaman perairan, untuk memudahkan dalam pemahaman bentuk dan kontur dasar perairan maka dibuat gambar 3D bentuk kontur dasar perairan. Peta tersebut sangat berguna dalam menganalisis kejadian hidrodinamika yang terjadi di kawasan pesisir.

Nilai kedalaman perairan secara mendatar disusun menjadi kontur kedalaman topografi dasar laut untuk menunjukkan perbedaan kedalaman terhadap bidang datar.



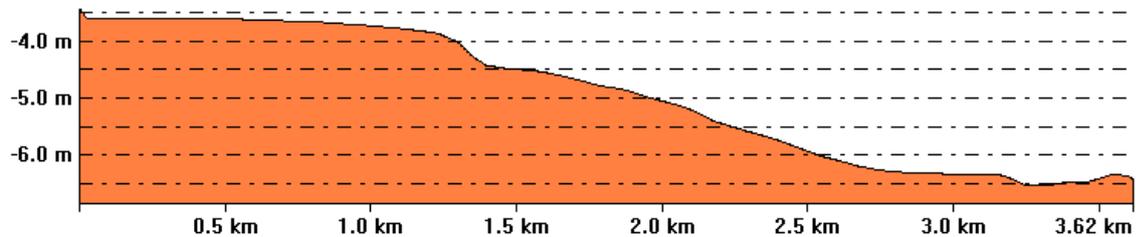
Gambar 4-4: Analisis peta isoline kedalaman perairan

4.1.2 Kemiringan dan Profil Pantai

Menurut hasil *isoline* nilai elevasi, kondisi perairan pada area penelitian kedalaman maksimalnya adalah 6,5 m yang dimulai pada jarak sekitar 3,8 km dari garis pantai. Berdasarkan data batimetri pengukuran langsung serta pemetaan terhadap wilayah garis pantai, maka diambil 4 kontur potongan profil pantai di Kecamatan Sayung. Kontur merupakan gambaran persamaan kedalaman yang dilihat pada bidang datar. Perubahan kedalaman perairan dari garis pantai secara vertikal dapat dilihat dengan potongan melintang tegak lurus garis pantai yang diambil pada 4 lokasi.

From Pos: 110.48177735, -6.91399543

To Pos: 110.45666593, -6.89314821

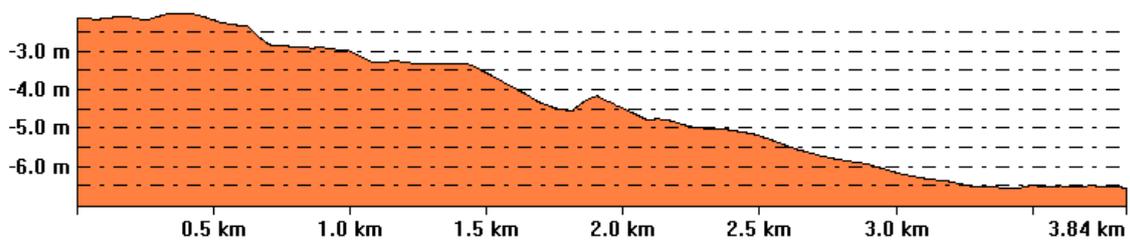


Gambar 4-5: Profil dan kemiringan pantai perairan Desa Bedono sejajar pantai

Potongan 1 pada Gambar 4-6 menunjukkan perubahan kedalaman dimulai pada jarak sejauh 1,4 km dan perbedaan elevasi terdangkal dengan terdalam adalah 2,5 m dengan jarak sejauh 3,62 km termasuk kelas bentuk lahan *landai* dan sangat *landai*.

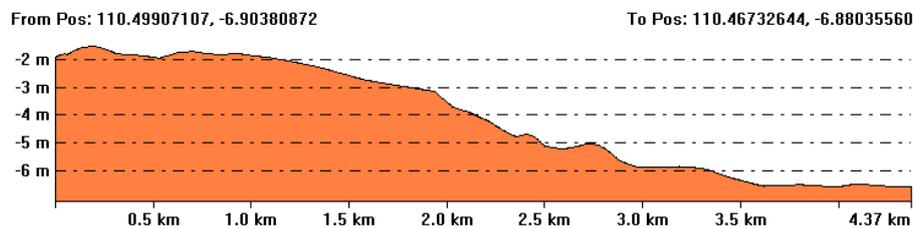
From Pos: 110.48959506, -6.91020502

To Pos: 110.46116703, -6.89030541



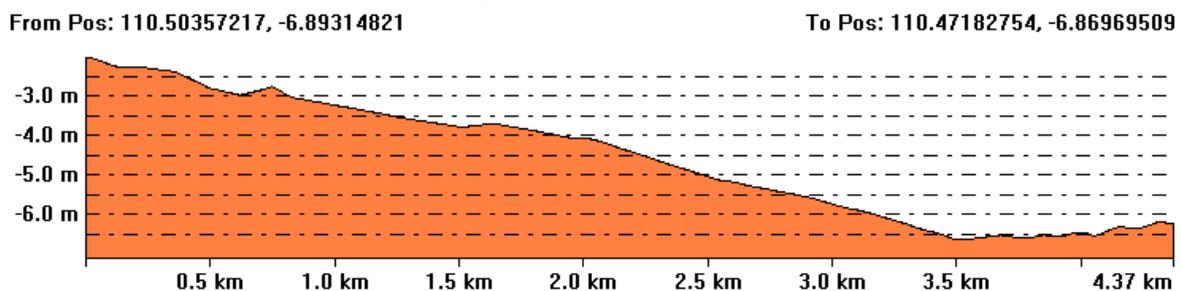
Gambar 4-6: Profil dan kemiringan pantai Desa Bedono ke arah laut

Potongan 2 pada Gambar 4-7 menunjukkan perubahan kedalaman dimulai pada jarak sejauh 750 m dan perbedaan elevasi terdangkal dengan terdalam adalah 4,5 m dengan jarak sejauh 3,84 km termasuk kelas bentuk lahan *landai* dan sangat *landai*.



Gambar 4-7: Profil dan kemiringan pantai di perbatasan Desa Bedono dan Desa Timbulsloko ke arah laut

Potongan 3 pada Gambar 4-8 menunjukkan perubahan kedalaman dimulai pada jarak sejauh 1,25 km dan perbedaan elevasi terdangkal dengan terdalam adalah 5 m dengan jarak sejauh 3,5 km termasuk kelas bentuk lahan agak timbul.

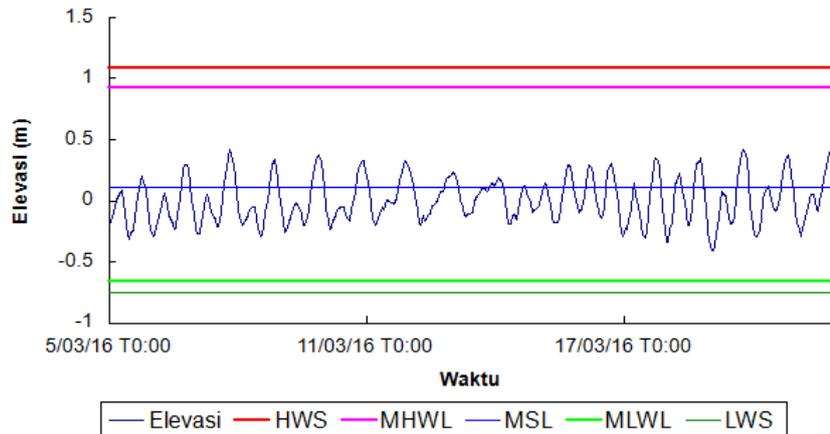


Gambar 4-8: Profil dan kemiringan pantai Desa Timbulsloko ke arah laut

Potongan 4 pada Gambar 4-9 menunjukkan perubahan kedalaman dimulai pada jarak sejauh 500 m dan perbedaan elevasi terdangkal dengan terdalam adalah 5,5 m dengan jarak sejauh 3,5 km termasuk kelas bentuk lahan agak timbul.

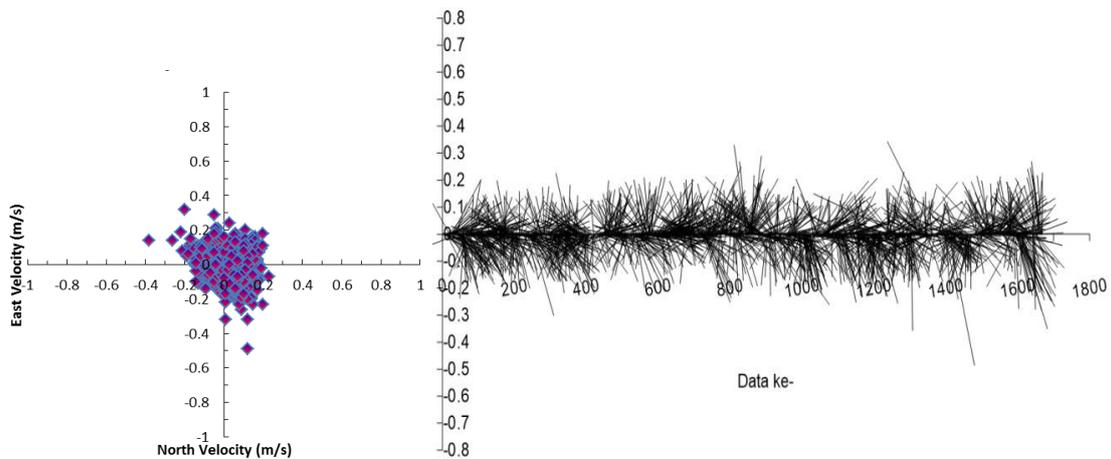
4.2 Pasang Surut, Suhu dan Arus

Komponen data hidrodinamika yang berpengaruh terhadap fenomena yang terjadi di kawasan pesisir adalah pasang surut, arus dan suhu perairan. Data tersebut akan digunakan sebagai masukan analisis yang menggunakan pemodelan komputasi ataupun analisis secara numerik.



Gambar 4-9: Data pasang surut hasil pengukuran di Kecamatan Sayung, Demak

Hasil pengukuran pasang surut di perairan Kecamatan Sayung, Demak yang berada di utara pulau Jawa kurun waktu 4 - 20 Maret 2016 (selama 15 hari) memiliki tipe pasang surut campuran condong harian tunggal karena memiliki nilai bilangan bentuk Formzahl 1,88. Nilai elevasi *Mean Sea Level* (MSL) setinggi 0,11 m nilai *Highest Water Spring* (HWS): 1,09 m, *Mean High Water Spring* (MHWS): 1,09 m, *Mean High Water Level* (MHWL): 1,93 m *Mean Low Water Level* (MLWL): -0,66 m, *Mean Low Water Spring* (MLWS): -0,75 m, *Lowest Water Spring* (LWS): -0,75 m.



Gambar 4-10: Data *scatter plot* kecepatan arus permukaan di kecamatan Sayung, Demak

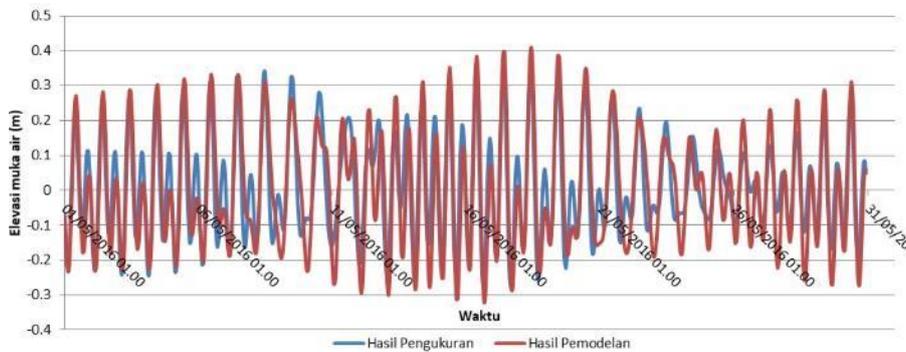
Scatter plot menunjukkan arah dan besaran arus yang dominan terjadi di wilayah perairan. *Scatter plot* yang terbentuk dari pengolahan data arus laut berbentuk *ellips* menggambarkan arah dominan arus laut. Hasil pada *scatter plot* Gambar 4.11 menunjukkan bahwa arah dominan arus ke Tenggara dan Barat Laut.



Gambar 4-11: Data suhu hasil pengukuran di Kecamatan Sayung, Demak

Suhu hasil pengukuran pada awal menunjukkan suhu 29°C kemudian naik secara perlahan di hari 10 hingga mencapai 30,4°C. Setelah mencapai suhu maksimal tersebut, suhu perairan terlihat mengalami perubahan yang tidak teratur. Suhu perairan mengalami turun-naik hingga di akhir pengukuran terlihat mulai stabil di suhu 29,8°C.

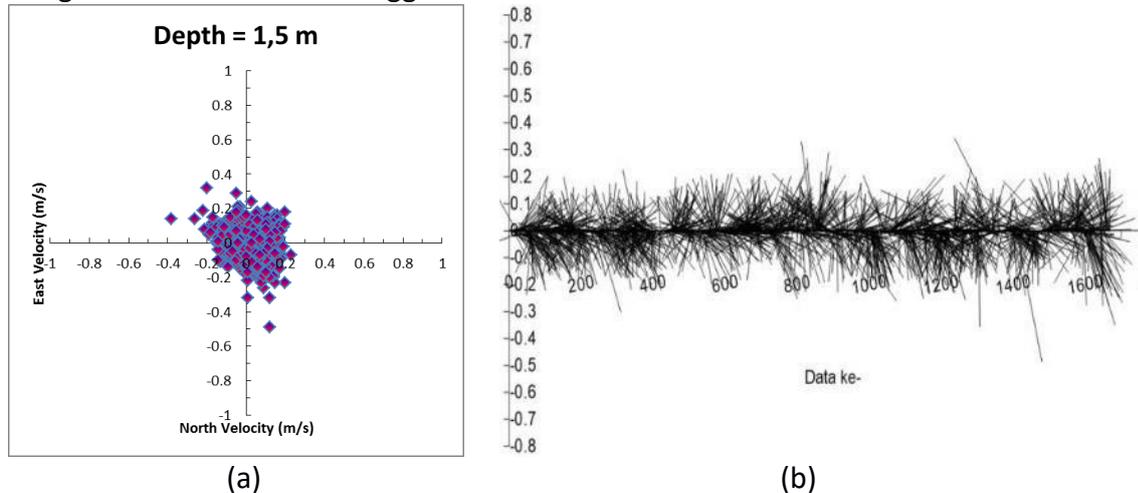
Data pasang surut, arus dan suhu tersebut akan digunakan sebagai bahan masukan pemodelan hidrodinamika yang akan dilakukan. Untuk mengetahui keakuratan atau kualitas aplikasi pemodelan hidrodinamika yang dilakukan, maka perlu dilakukan kalibrasi terhadap salah satu komponen data masukan yaitu data pasang surut. Kalibrasi dilakukan antara data pasang surut hasil pengukuran dengan data pasang surut keluaran aplikasi model hidrodinamika.



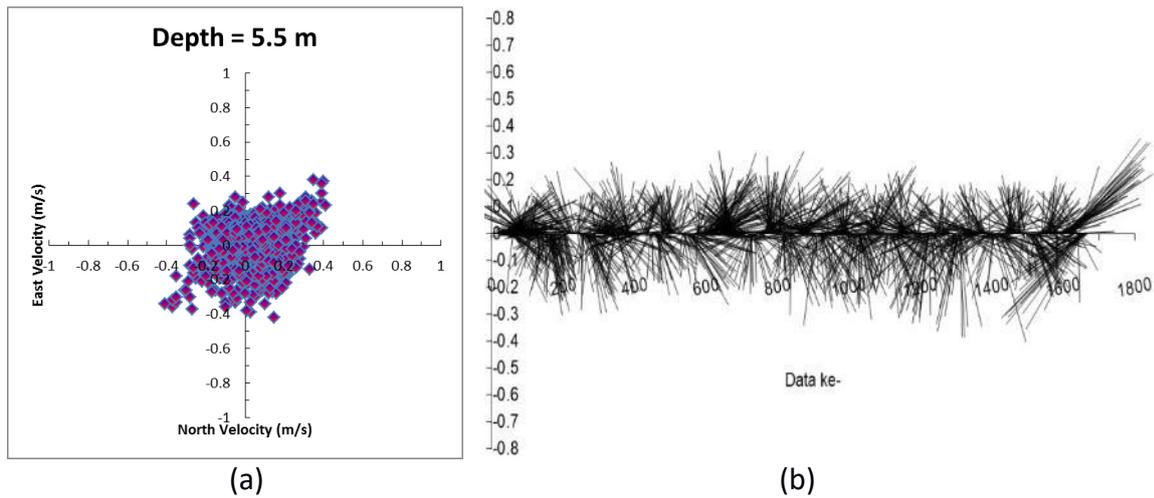
Gambar 4-12: Verifikasi data pasang surut antara ADCP dengan model

Dari hasil kalibrasi terlihat bahwa data pasang surut hasil pengukuran dan aplikasi pemodelan memiliki pola pasang dan surut yang sama. Dengan menggunakan metode penghitungan akar dari rata-rata kesalahan dikuadratkan maka diperoleh nilai RMSE 0,3.

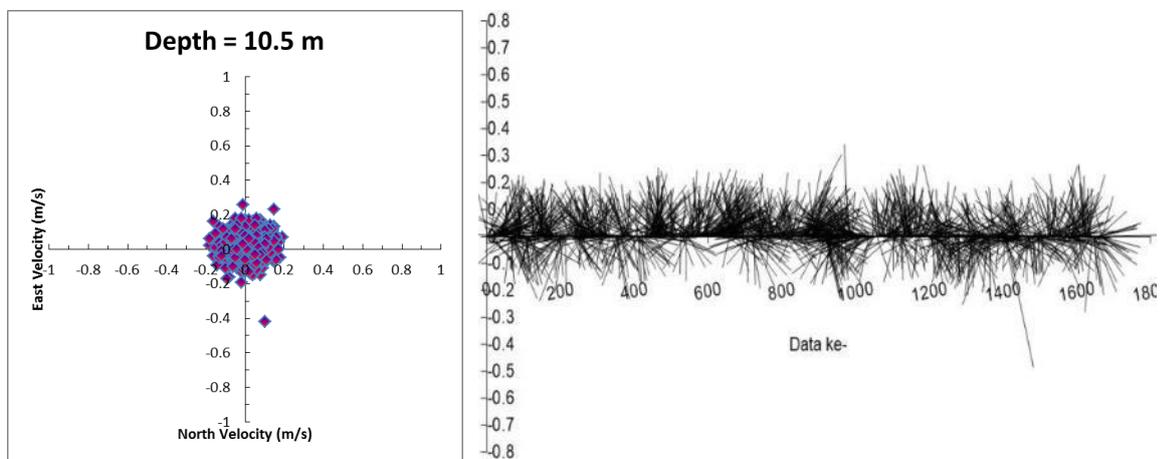
Kecepatan rata-rata arus laut pengukuran ADCP dari tanggal 5 Maret 2016 pukul 00,00 WIB sampai 22 Maret 2016 pukul 09.00 WIB setiap kedalaman berkisar antara 0,06-0,5 m/s dengan dominasi arah ke Tenggara dan Barat Laut.



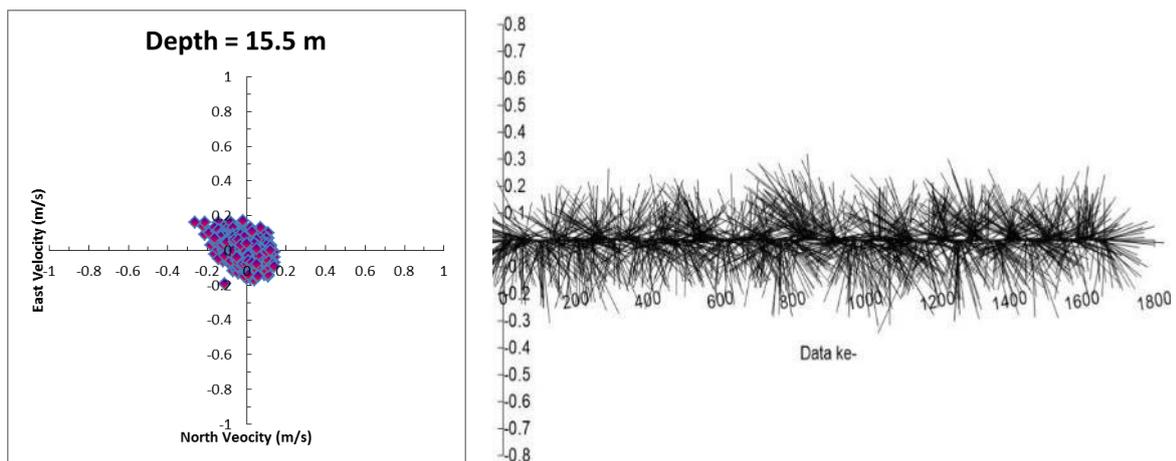
Gambar 4-13: Pola arus laut a) Scatter plot, b) Stick diagram kedalaman 1,5 meter



Gambar 4-14: Pola arus laut a) *Scatter plot*, b) *Stick diagram* kedalaman 5,5 meter



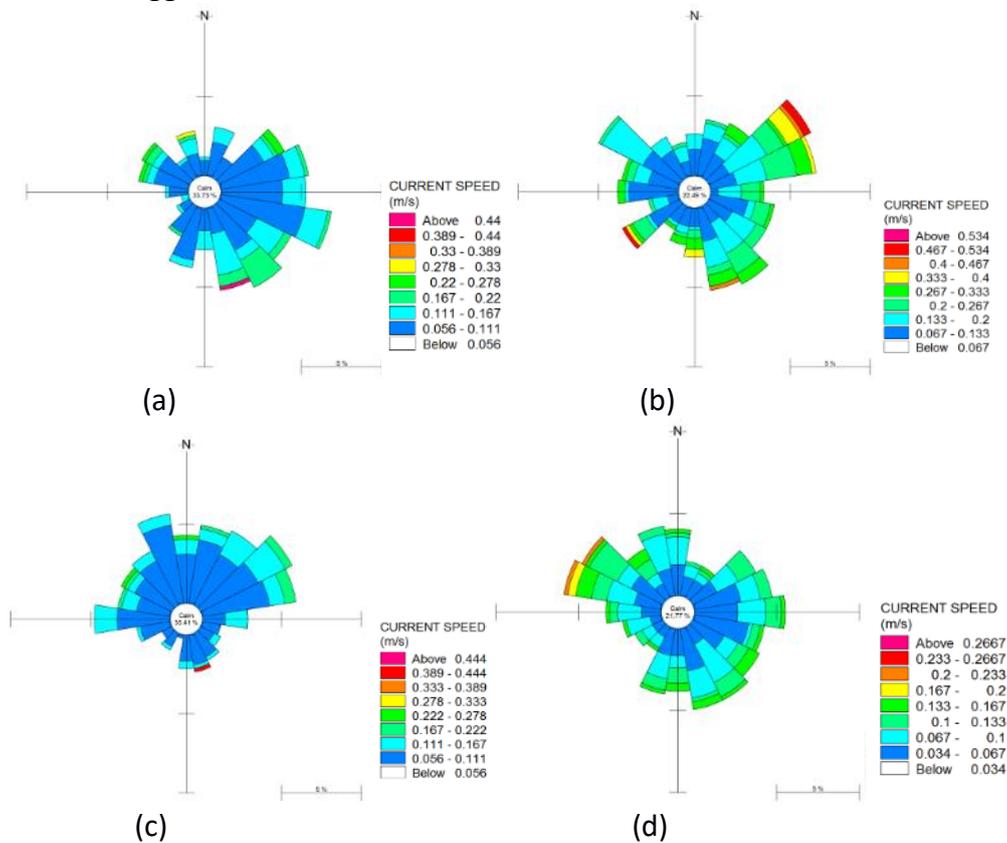
Gambar 4-15: Pola arus laut a) *Scatter plot*, b) *Stick diagram* kedalaman 10,5 meter



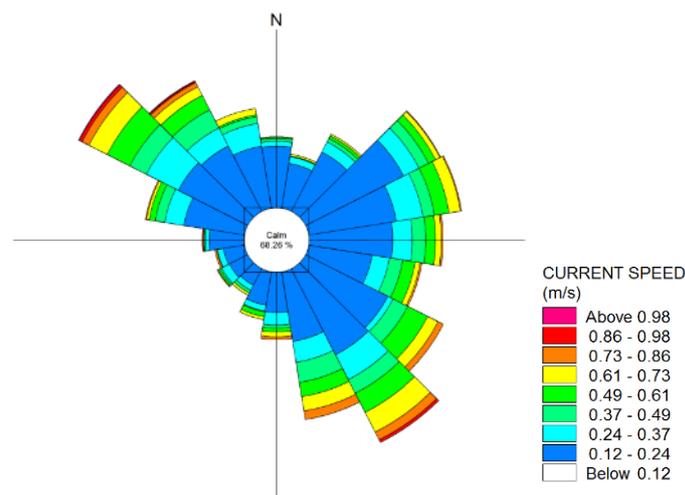
Gambar 4-16: Pola arus laut a) *Scatter plot*, b) *Stick diagram* kedalaman 15,5 meter

Scatter plot yang terbentuk dari pengolahan data arus laut berbentuk *ellips* menggambarkan arah dominan arus laut. Hasil pada *scatter plot* (Gambar 4-14, 4-15a, 4-16a) menunjukkan bahwa arah dominan arus ke Tenggara dan Barat Laut. Sedangkan pada *scatterplot* (Gambar 4-17a) juga menggambarkan bahwa dominasi arus bergerak ke Timur Laut dan Barat Daya. Perbedaan pola arus permukaan dengan arus vertikal dipengaruhi oleh factor internal dan

factor eksternal. Penelitian yang dilakukan oleh Widyastuti (2010) menyatakan bahwa pergerakan arus permukaan laut mengikuti arah pergerakan angin. Pernyataan sesuai dengan hasil pengolahan data angin yang berhembus di perairan pantai utara dominan mengarah dari Tenggara dan Barat Laut.



Gambar 4-17: Arah arus dominan di Perairan Sayung, Demak per kedalaman
a) kedalaman 1,5 meter; b) kedalaman 5,5 meter; c) kedalaman 10,5 meter; d) kedalaman 15,5 meter



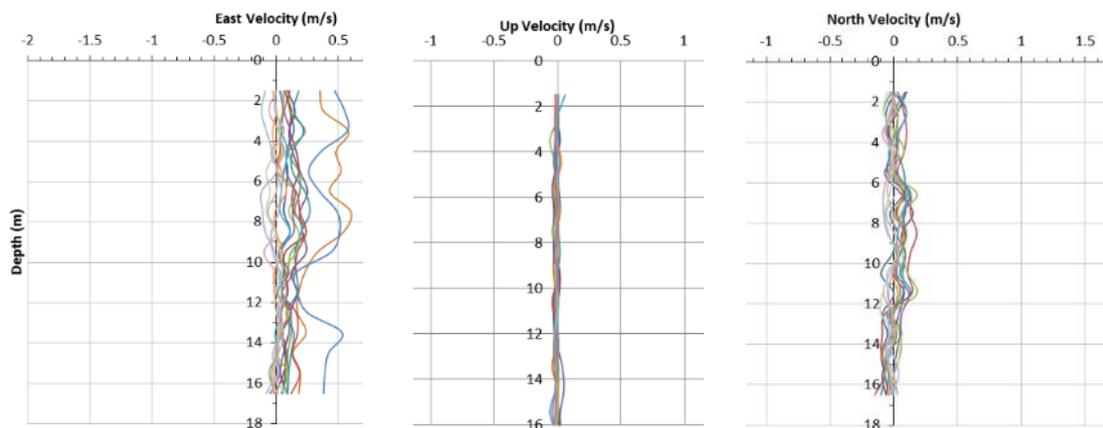
Gambar 4-18: Arah arus dominan perairan Sayung, Demak

Menurut *Hoekstra et al* (2012) dalam Jantama (2015), arus di permukaan dipengaruhi oleh angin muson. Bulan Maret merupakan musim pancaroba, dimana terjadinya peralihan

musim hujan kemusim kemarau. Pada musim ini angin berhembus dari Australia ke Asia. Teori ini sesuai dengan *current rose* (Gambar 4-18a) bahwa arah arus permukaan menunjukkan pola yang hampir searah dengan angin. Arus bergerak ke arah Tenggara dan Barat Laut dengan kecepatan 0,056-0,44 m/s.

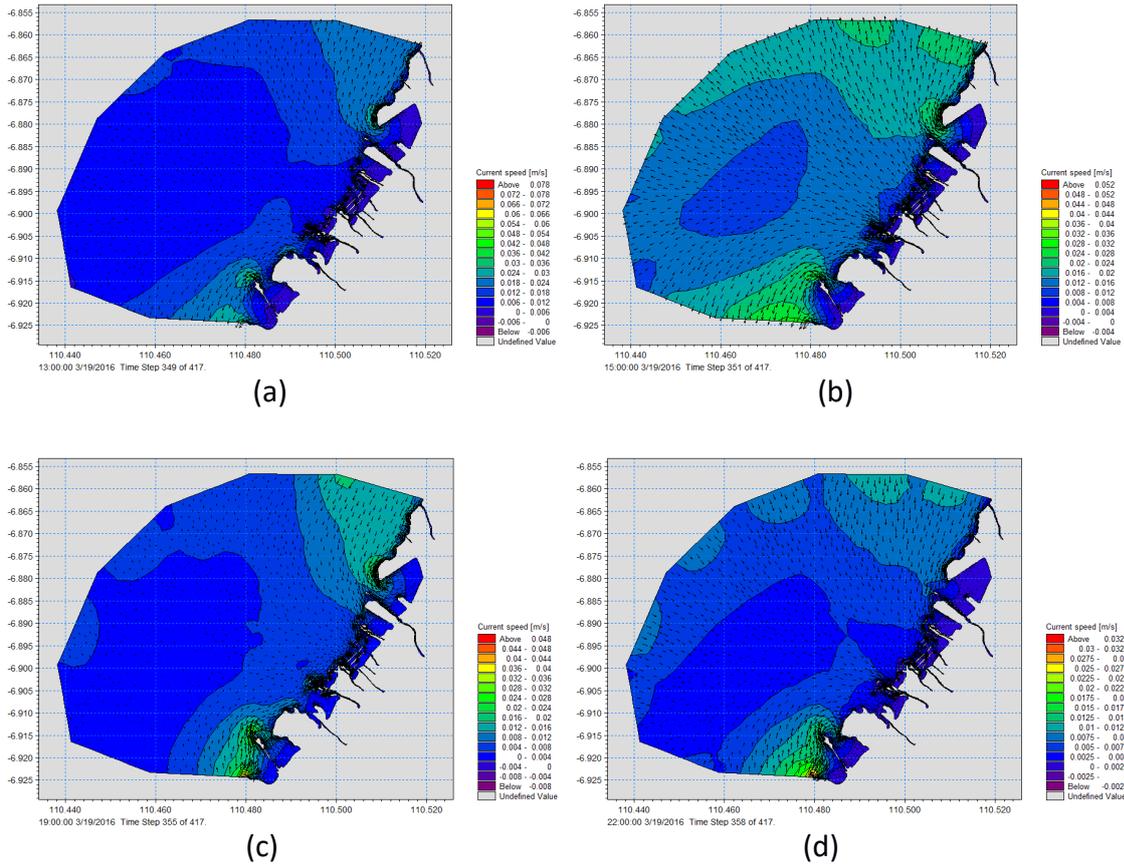
Stick diagram menggambarkan arah pergerakan arus yang cenderung bolak-balik ini disebabkan adanya pengaruh dari arus pasut (Farhudin, 1999). Pada prinsipnya hasil pengolahan *stick diagram* sama dengan *scatter plot* dimana menggambarkan bahwa kecepatan arus di perairan Kecamatan Sayung yang relatif kecil. Begitu juga dengan arah dominan arus ke Tenggara dan Barat Laut. Ini sesuai dengan pernyataan Triatmodjo (1999) bahwa arus yang terjadi di perairan dangkal dan diperairan yang relatif tenang memiliki karakteristik arus dengan kecepatan yang tidak begitu besar.

Selanjutnya, dari hasil pengukuran dapat diketahui bagaimana pergerakan arus laut secara vertikal pada tiap kedalaman. Pada hasil profil vertikal arus (Gambar 4-19) menerangkan bahwa semakin dalam perairan semakin lemah kecepatan arus, ini disebabkan oleh adanya pengaruh gesekan dasar dan pengaruh densitas. Semakin dalam perairan maka semakin besar nilai densitas dan semakin kecil kecepatan arus laut. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian Jantama (2015) pada kolom air dekat dasar pergerakan arus tidak signifikan yang disebabkan oleh adanya gesekan dasar dan pengaruh densitas sehingga energi yang dihasilkan oleh arus laut begitu lemah dan terhambatnya gerakan arus membuat arus lebih teratur. Berbeda dengan arus permukaan banyak dipengaruhi oleh angin dan pasang surut. Sehingga, pola dan kecepatan arus lebih acak dan semakin cepat.



Gambar 4-19: Profil vertikal kecepatan arus terhadap kedalaman

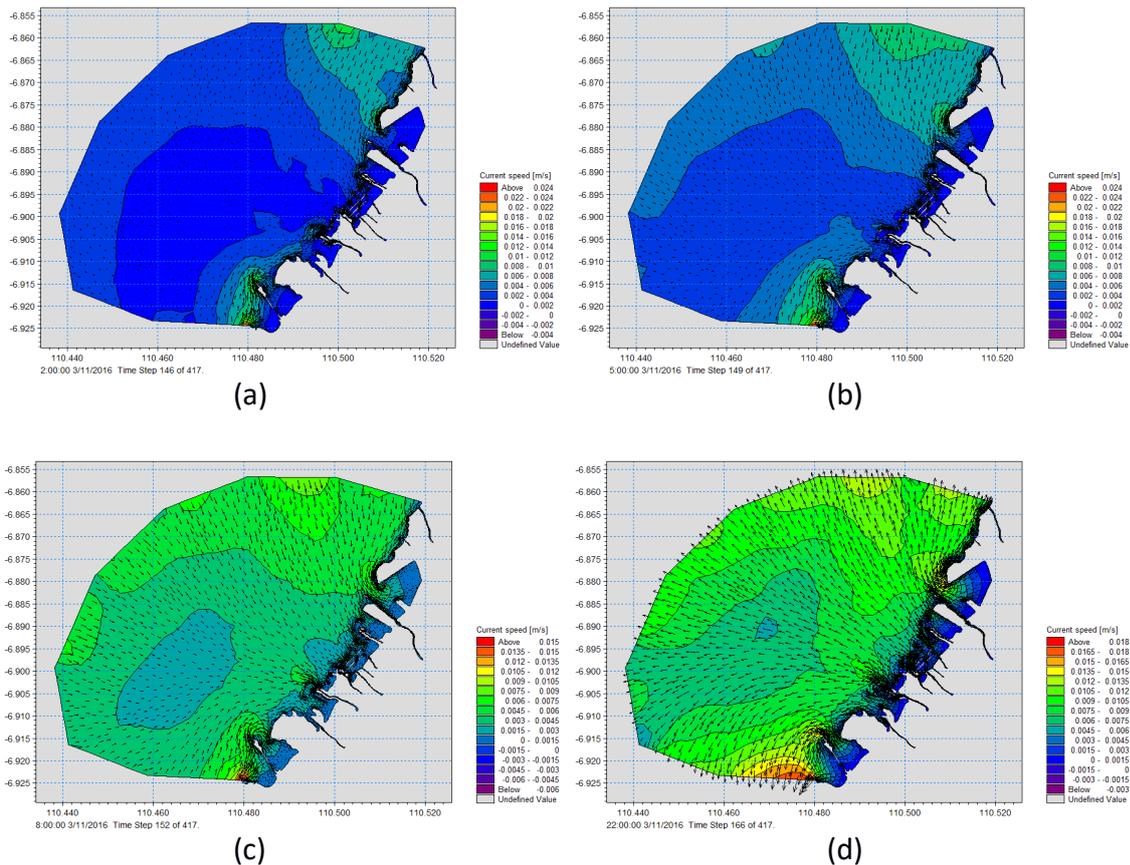
Pada saat terjadinya pasang purnama (Gambar 4-21c), pergerakan masa air menuju ke arah pesisir dengan kecepatan 0 – 0,05 m/s. Sedangkan pada saat surut (Gambar 4-21a) pergerakan arus menuju ke laut dengan kecepatan 0 – 0,08 m/s. Digambarkan bahwa kecepatan arus saat pasang lebih kecil dari pada saat terjadinya surut. Peristiwa ini berkaitan erat dengan fenomena *downwelling* dan *upwelling*. Ketika terjadinya pasang, massa air yang bergerak ke pantai akan diteruskan menuju dasar perairan (*downwelling*) namun sebaliknya pada saat terjadinya surut akan terjadi fenomena *upwelling*, dimana massa air yang berada di bawah permukaan akan naik ke atas mengisi kekosongan yang terjadi di area tersebut.



Gambar 4-20: Sirkulasi arus permukaan pada a) saat surut purnama; b) menuju pasang purnama; c) saat pasang purnama; d) menuju pasang purnama

Simulasi arus laut menuju surut dan menuju pasang saat purnama (Gambar 4-22b, 4-22d), menunjukkan pola arus dominan ke Tenggara dan Barat Laut. Hasil simulasi ini sama dengan pengolahan data ADCP sebelumnya, bahwa arus permukaan dipengaruhi oleh pergerakan angin.

Pada saat pasang perbani, kecepatan arus relatif lebih kecil berkisar antara 0 – 0,024 m/s. Hal ini disebabkan karena terjadinya pasang terendah sehingga energi yang dihasilkan kecil. Pola arus laut terlihat sangat jelas menjauhi lautan, fenomena ini terjadi karena adanya pengaruh lamanya periode pasang perbani. Periode pasang surut saat perbani relatif lebih lama karena berkurangnya pengaruh gaya tarik bumi bulan dan matahari. Dibandingkan pada saat pasang purnama, pengaruh gaya tarik bumi bulan dan matahari lebih kuat, sehingga pada saat bulan purnama kecepatan arus akan lebih besar. Selanjutnya, pada saat terjadinya surut perbani kecepatan arus menjadi 0 – 0,006 m/s dan pola arus ke Barat Daya.



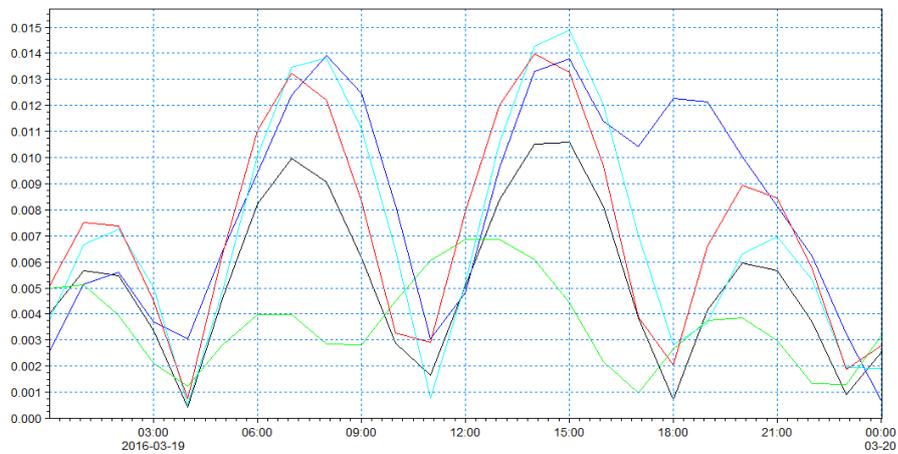
Gambar 4-21: Sirkulasi arus permukaan a) menuju surut perbani; b) saat surut perbani; c) menuju pasang; d) saat pasang perbani

4.2.1 Analisis Pergerakan Arus di Sekitar *Permiabel Dam*

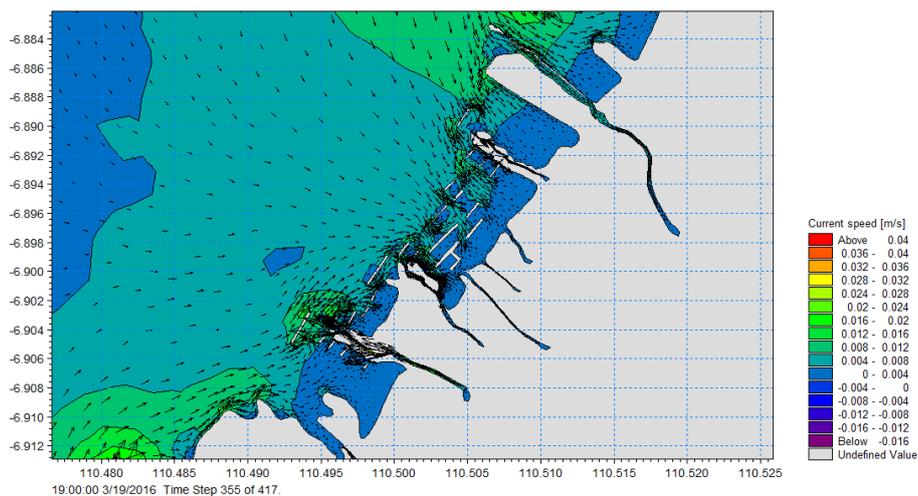
Pada bulan Maret dan Juni 2013, bertempat di Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, telah diadakan kegiatan “*Baseline Assessment for Hybrid Engineering Experiment*”. Kegiatan tersebut merupakan penelitian awal sebelum pembangunan *Hybrid Engineering* (HE). Proyek yang diselenggarakan dalam rangka *Mangrove Capital Project* oleh *Wetlands International – Indonesia Programme* (WI-IP) tersebut, bekerja sama dengan Deltares Belanda dan Kementerian Kelautan dan Perikanan serta KeSEMaT untuk implementasi lapangannya. Dalam proyek ini, tim HE menetap di Desa Timbulsloko selama empat bulan untuk implementasi program. Untuk mendukung pelaksanaan proyek, maka telah diadakan Pelatihan Monitoring dan Perawatan Struktur HE di Semarang yang dilakukan oleh para ahli dari Belanda. HE merupakan konsep inovatif yang berusaha bekerjasama dengan alam untuk mengembalikan proses hilangnya sedimen, bukan melawannya. Pada daerah pesisir di Kecamatan Sayung, terdapat beberapa *permiabel dam* HE berupa tumpukan kayu dan batu. Bangunan pantai tersebut dibangun dengan tujuan untuk mengurangi dampak abrasi serta menumbuhkan *mangrove* disekitar daerah pesisir.

Dari hasil simulasi pemodelan arus, terjadinya penumpukan vektor arus sekitar permiabel dam baik saat pasang maupun surut (Gambar 4-23). Saat terjadinya penyempitan suatu wilayah perairan, maka arus memiliki jalur yang semakin kecil sehingga kecepatan arus semakin tinggi di sekitar permiabel dam. Namun, kecepatan arus menjadi melemah di antara permiabel dam. Dapat dilihat dari grafik kecepatan arus (Gambar 4-24) perbandingan

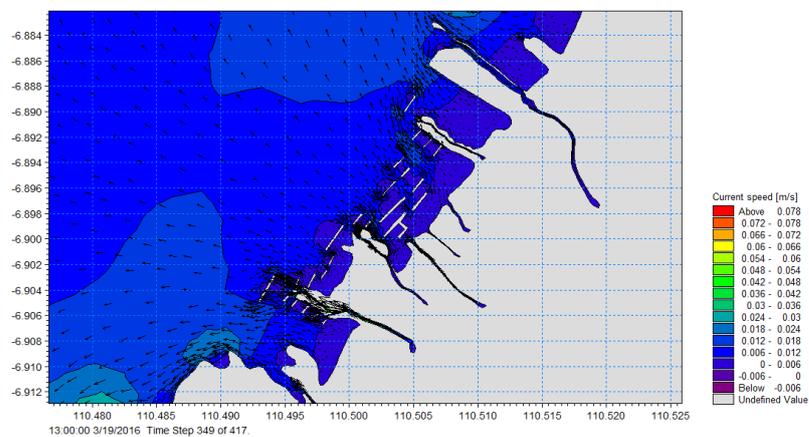
kecepatan arus saat adanya penghalang, muara sungai, dan lepas pantai. Arus akan semakin kecil ketika didepannya ada penghalang dan akan semakin besar di area muara sungai dan cenderung stabil di lepas pantai.



Gambar 4-22: Grafik kecepatan arus laut a) depan permiabel(hitam); b) antara permiabel dan sungai (biru); c) antara permiabel (hijau); d) muara sungai (biru muda); e) laut lepas (merah)



Gambar 4-23: Simulasi arus laut saat pasang



Gambar 4-24: Simulasi arus laut saat surut

Berdasarkan hasil pemodelan, pada saat pasang, pergerakan arus menuju ke darat dan sekaligus akan membawa sedimen memasuki struktur permiabel. Namun, pada saat surut, mengakibatkan pergerakan arus menuju ke laut, dalam kondisi ini material sedimen akan terjebak pada struktur permiabel. Ini sesuai dengan pernyataan Prayogi (2016) semakin besar massa air yang masuk ke struktur permiabel maka akan semakin besar pula material sedimen yang terperangkap.

4.3 Kualitas Perairan

Data kualitas air diambil dengan cara pengukuran langsung pada bulan Maret 2016 di Kecamatan Sayung. Titik pengambilan sampel air dan peta hasil pengukuran terlihat pada gambar di bawah:



Gambar 4-25: Stasiun pengambilan sampel kualitas air (Data penelitian, 2016)

Tabel 4-1: Data kualitas air di 28 titik

Sampel	Parameter Uji										
	TSS	Temp	Turb	pH	DO	BOD	Phosphat	Nitrat	Amonia	Sulfida	MBAS
DM 2	92,2	25,6	18,0	7,75	5,36	784,34	0,0026	0,3713	≤ 0,003	≤ 0,001	0,4458
DM 3	112,5	26,0	23,5	7,49	5,95	789,10	≤ 0,002	1,6498	≤ 0,003	≤ 0,001	1,1085
DM 4	68,8	26,3	21,5	7,77	5,76	962,52	≤ 0,002	0,4641	≤ 0,003	0,0010	0,2627
DM 5	119,6	26,3	25,7	7,82	5,56	916,65	0,0067	0,3924	≤ 0,003	0,0010	0,5086
DM 6	55,5	26,2	14,1	7,92	5,56	921,42	0,0167	0,4388	0,0029	≤ 0,001	0,1743
DM 7	77,0	26,3	14,0	7,91	5,56	965,52	0,0112	1,2194	≤ 0,003	≤ 0,001	0,2318
DM 8	69,2	26,3	17,2	7,91	5,56	965,52	≤ 0,002	0,3840	≤ 0,003	≤ 0,001	0,0731
DM 9A	53,6	26,1	11,2	7,98	5,56	656,79	≤ 0,002	0,3586	≤ 0,003	0,0010	0,0731
DM 9B	51,9	26,0	14,2	8,01	5,36	877,31	≤ 0,002	0,4135	≤ 0,003	0,0030	0,2298
DM 10A	59,0	25,7	16,6	8,04	5,56	833,21	≤ 0,002	0,4557	≤ 0,003	0,0010	0,3417
DM 11A	62,1	25,9	13,2	8,02	5,76	965,52	≤ 0,002	0,7173	0,0959	≤ 0,001	0,0055
DM 11B	53,9	36,7	36,7	8,03	5,76	965,52	≤ 0,002	0,3502	≤ 0,003	0,0010	≤ 0,0055
DM 12A	53,6	26,5	11,1	7,98	4,76	921,42	≤ 0,002	0,2954	≤ 0,003	0,0010	≤ 0,0055
DM 12B	78,5	26,4	55,9	7,93	4,37	987,57	≤ 0,002	0,6371	0,0075	0,0020	≤ 0,0055
DM 13A	51,7	26,4	20,4	7,90	5,16	700,90	≤ 0,002	0,5190	0,0312	0,0010	0,0682
DM 13B	66,3	26,4	87,0	7,93	5,56	943,47	≤ 0,002	0,6203	0,0025	0,0050	0,2730
DM 14A	74,6	26,2	25,4	7,93	5,76	1009,62	0,22195	0,4388	≤ 0,003	0,0010	0,5086
DM 15A	110,7	26,0	32,1	7,92	3,97	1146,70	≤ 0,002	0,3502	0,0185	0,0010	0,0601
DM 16A	55,5	26,0	21,7	7,91	4,96	1053,73	≤ 0,002	0,3797	≤ 0,003	0,0160	0,2538
DM 16B	40,3	26,2	19,2	7,94	4,56	745,00	0,0141	0,3966	≤ 0,003	0,0040	0,3342
DM 17A	33,0	25,9	18,7	7,96	5,36	965,52	≤ 0,002	0,3713	≤ 0,003	0,0030	1,3107
DM 17B	36,9	26,5	21,5	7,87	5,16	1009,62	≤ 0,002	0,4979	≤ 0,003	0,0010	1,3495
DM 18A	60,0	26,4	29,8	7,89	4,76	855,26	≤ 0,002	2,3502	≤ 0,003	0,0010	0,1921
DM 18B	56,2	26,2	31,5	7,82	5,95	1234,91	≤ 0,002	0,5021	≤ 0,003	≤ 0,001	0,1024
DM 19A	23,1	26,3	41,1	7,86	5,36	877,31	≤ 0,002	0,4473	≤ 0,003	0,0020	0,7798
DM 19B	42,1	26,2	27,1	7,92	5,56	1764,16	≤ 0,002	0,6287	≤ 0,003	≤ 0,001	0,9046
DM 20A	57,1	25,8	21,6	8,02	4,37	789,10	≤ 0,002	0,6371	0,0181	0,001	0,099

No Stasiun	Waktu	Kedalaman Perairan	Sesidisk	pH	Chlo ($\mu\text{g/L}$)	Depth (m)	ot	TDS (g/L)	Sal	Temp ($^{\circ}\text{C}$)	Turbidity (Ntu)	Cond (m s/m)	DO (mg/L)	Keterangan
DM 11	09.38		40 cm	Pengukuran 1	8.33	0,0,1	13,4	50,8	30,9	31,6	32,8	3,57	4,16	Perairan tenang dan cuaca cerah berawan
DM 10	10.05		70 cm	Pengukuran 1	8.32	0,0,1	18,2	50,9	31,31,9	11,6	4,65	4,65	4,21	Perairan tenang dan cuaca cerah berawan
DM 9	10.15	600 cm	80 cm	Pengukuran 1	8.29	0,0,1	18,4	51,5	31,6	31,8	7,5	4,69	4,47	panas cerah
DM 6	10.30	350 cm	50 cm	Pengukuran 1	8.3	0,0,1	18,2	51,2	31,5	32,5	15,7	4,68	4,47	panas cerah
DM 7	10.46	400 cm	50 cm	Pengukuran 1	8.3	0,0,2	18,2	51,1	31,4	32,4	18,5	4,66	5,2	panas cerah
DM 8	11.00	420 cm	30 cm	Pengukuran 1	8.34	0,0,2	18,1	51,4	31,6	32,5	22,6	4,69	6,11	panas cerah
DM 3	11.20	195 cm	30 cm	Pengukuran 1	8.34	1,6	0,1	18,2	51,5	31,6	32,3	4,65	4,47	panas cerah
DM 4	11.25	158 cm	30 cm	Pengukuran 1	8.45	2,8	0,2	17,6	49,9	30,7	32,8	4,57	8,49	panas cerah
DM 5	11.35	183 cm	30 cm	Pengukuran 1	8.42	0,5	0,3	17,4	49,6	30,7	32,6	4,54	7,85	panas cerah
DM 2	11.45	80 cm	25 cm	Pengukuran 1	8.51	8,1	0,4	17,4	49,7	30,6	33,2	4,54	8,83	panas cerah
DM 18	10.35	5 meter	2 meter	Pengukuran 1	8.38	0	0	17,8	50,6	31,1	32,9	0	4,62	Perairan tenang dan cuaca cerah
DM 17	11.00	5 meter	2 meter	Pengukuran 1	8.36	0,0,1	18	51,2	31,5	33	0	4,67	7,8	Sampel air dalam diambil pada kedalaman 5 meter
				Pengukuran 2	8.35	0,0,2	18	51,2	31,5	33	6,2	4,67	6,84	
DM 12	11.30	5 meter	1,5 meter	Pengukuran 1	8.43	0,0,1	17,9	51,1	31,4	33,1	4,7	4,66	4,8	
				Pengukuran 2	8.38	0,0,2	17,9	51,1	31,4	33,2	0,9	4,65	4,88	
DM 13	11.50	4 meter	2 meter	Pengukuran 1	8.37	0,0,1	17,9	51,2	31,6	33,3	4,4	4,68	4,84	sampel air diambil pada kedalaman 3 meter
				Pengukuran 2	8.36	0,0,1	18,1	51,6	31,7	33,2	3,6	4,7	4,87	gelombang mulai tinggi, kira-kira 0,5 meter
DM 16	12.20	4 meter	1,5 meter	Pengukuran 1	8.45	0,0,1	17,9	51,2	31,5	33,3	5	4,67	4,75	sampel air diambil pada kedalaman 3 meter
				Pengukuran 2	8.38	0,0,2	18	51,3	31,5	33,3	8,3	4,68	4,63	panjang gelombang kira-kira 1 meter
DM 19	12.45	3,5 meter	1,5 meter	Pengukuran 1	8.48	0,0,2	17,8	50,9	31,4	33,3	4,5	4,66	4,97	sampel air diambil pada kedalaman 2,5 meter
				Pengukuran 2	8.34	0,0,3	17,8	51,1	31,4	33,3	4,4	4,66	4,82	panjang gelombang kira-kira 1 meter
DM 20	13.05	1 meter	0,5 meter	Pengukuran 1	8.54	0,0,2	13,7	42,6	26,6	35,5	25,8	4,01	6,24	panjang gelombang kira-kira 1 meter
				Pengukuran 2	8.46	0,0,2	12,7	40,7	25,6	35,7	40,1	3,87	6,23	
DM 15	13.26	1 meter	20 cm	Pengukuran 1	8.45	0,0,2	16,1	49	30,5	35,6	28,7	4,54	5,23	panjang gelombang kira-kira 1 meter
				Pengukuran 2	8.43	0,0,2	16,4	49,6	30,6	35,7	32,3	4,55	5,4	
DM 14	13.52		20 cm	Pengukuran 1	8.44	0,0,3	17,6	51,4	31,7	34,6	31,1	4,68	4,84	panjang gelombang kira-kira 1,5 meter
				Pengukuran 2	8.36	0,0,2	17,5	51,3	31,7	34,6	39,6	4,68	4,81	

Tabel 4-2: Data kualitas air permukaan di 25 titik

Analisis data dalam penelitian ini yaitu pola sebaran spasial dengan penurunan parameter fisika dan kimia perairan yang didasari pada model geo-statistik. Pola sebaran spasial model geo-statistik digunakan sebagai bentuk pemetaan permukaan bumi melalui aplikasi statistik dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pada pola ini terdapat perhitungan terhadap posisi yang dikaitkan dengan parameter fisika dan kimia perairan, sehingga dapat menghubungkan garis atau warna indeks yang sama nilainya (Hartoko, 2000). Dari pengukuran secara in situ dengan menggunakan alat *Water quality cheker ET AL* pada lokasi penelitian di perairan Kecamatan Sayung, diperoleh data yang yang terlampir Tabel 4-2. Perairan Kecamatan Sayung mempunyai sumberdaya hayati dan non hayati yang kaya dan dapat mendukung kegiatan dalam bidang sumberdaya kelautan dan perikanan, maka serangkaian kegiatan pengukuran kualitas air laut perlu dilakukan agar apabila ada perubahan lingkungan dan kualitas air yang signifikan dan berdampak negatif terjadi maka dapat diketahui dan dapat diantisipasi secara dini.

4.3.1 Parameter Fisika Perairan

Besaran yang diukur di daerah penelitian dan termasuk bagian parameter fisika perairan adalah sebagai berikut seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4-8.

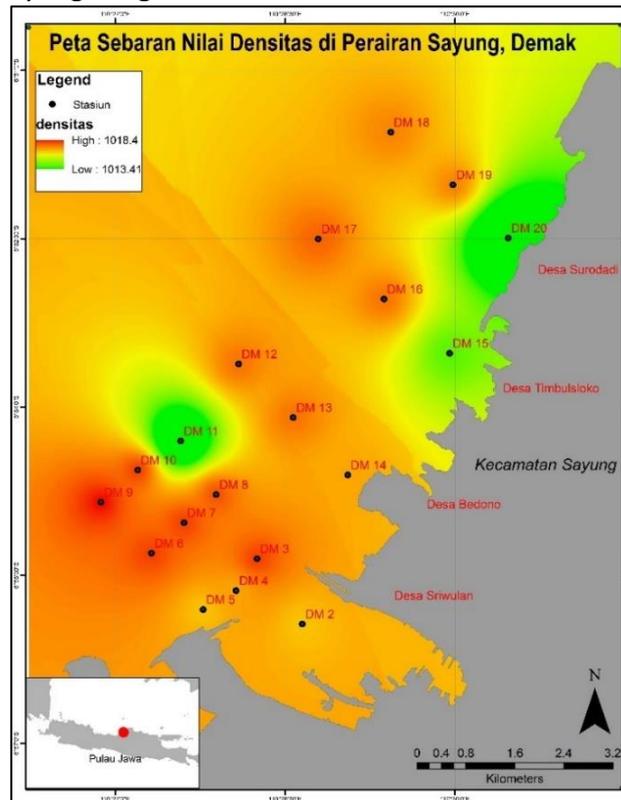
Tabel 4-3: Statistik deskriptif data fisika perairan Sayung

No	Parameter Fisika	Max	Min	Mean	St Dev
1	Densitas (Kg,m ⁻¹)	1018,4	1013,4	1017,358	1,431905
2	Salinitas (%)	31,7	26,6	30,99474	1,133566
3	Temperatur(°C)	35,6	31,6	33,06316	1,105145
4	Turbidity (NTU)	80,2	0	22,26842	19,91666
5	Konduktivitas (S,m ⁻¹)	4,69	3,57	4,548947	0,282113

4.3.1.1 Densitas

Nilai densitas di Perairan Sayung berkisar antara 1013,4-1018,4 Kg.m⁻¹, dengan rata rata densitas adalah 1017,358 ± 1,43 Kg.m⁻¹(Tabel 4-3). Kerapatan air laut tertinggi berada pada stasiun DM 9 yang berada di sebelah timur perairan Desa Sriwulan, dan terendah berada pada stasiun DM 11 dan DM 20 (Gambar 4-27), Namun rentang nilai densitas tidak terlalu jauh dan merata hampir diseluruh perairan Sayung, nilai kerapatan ini sangat berhubungan erat dengan kondisi suhu yang berbanding terbalik dan salinitas/konduktivitas yang berbanding lurus. Nilai densitas air laut juga berpengaruh terhadap parameter kimia perairan dalam mekanisme transpor secara vertikal, dimana semakin mendekati dasar, kecepatan pengendapan zat tersuspensi akan menurun seiring dengan bertambahnya densitas, dan pada kondisi telah mengendap dalam sedimen dasar, zat-zat tersebut akan sukar untuk tersuspensi kecuali adanya turbulensi oleh arus dasar/arus densitas yaitu arus yang bergerak karena adanya perbedaan densitas dan bergerak dari densitas tinggi ke densitas rendah. Menurut Talley et al (2011) menyatakan bahwa perbedaan densitas yang

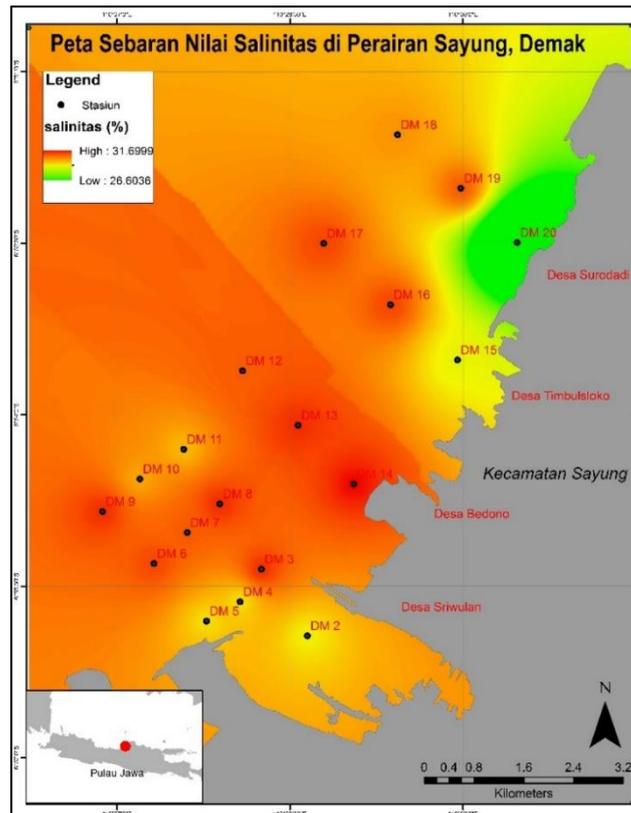
kecil secara horizontal (misalnya akibat perbedaan pemanasan di permukaan) dapat menghasilkan arus laut yang sangat kuat.



Gambar 4-26: Sebaran densitas Perairan Sayung, Demak

4.3.1.2 Salinitas

Nilai salinitas di Perairan Sayung berkisar antara 26,6-31,7 %, dengan rata-rata sebesar $30,99 \pm 1,13$ % (Tabel 4-3).

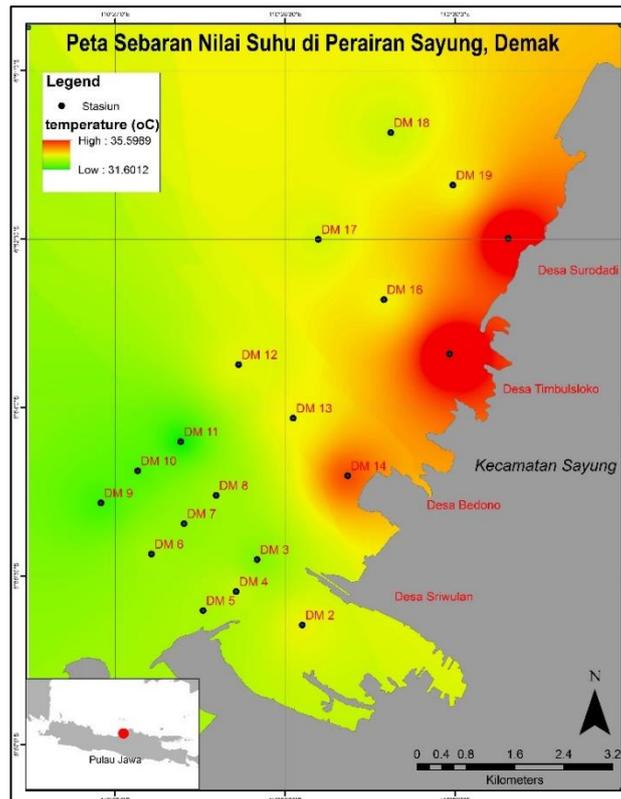


Gambar 4-27: Sebaran salinitas Perairan Sayung, Demak

Menurut *Wulandary et al* (2014) menyatakan bahwa nilai salinitas di perairan Sayung mencapai 29 %, nilai tersebut masih dalam ambang batas normal berdasarkan baku mutu KLH (2004) dengan kondisi alami dimana selalu berubah-ubah menurut musim, siang dan malam hari, masih didalam batas normal bila perubahan $<5\%$ dari rata-rata salinitas. Nilai salinitas hampir seragam di semua stasiun, namun yang terendah berada pada stasiun DM 20 yang merupakan wilayah muara sungai Muara Demak (Gambar 4-28), dengan adanya input massa air sungai menyebabkan nilai salinitas atau kadar garam di wilayah tersebut bercampur dengan salinitas air sungai yang rendah, sehingga terjadi mekanisme mixing di wilayah tersebut, hal ini sesuai selaras dengan nilai densitas di stasiun DM 20 yang juga memiliki nilai terendah (Gambar 4-28). Menurut *Riyadi et al* (2005) salinitas di laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai, dan salinitas di perairan Demak sebesar 32, 28 %.

4.3.1.3 Suhu Permukaan Laut

Nilai suhu permukaan laut (SPL) berkisar antara $31,6-35,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, dengan rata-rata SPL adalah $33,06 \pm 1,105\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Tabel 4-8). Nilai suhu tertinggi berada pada stasiun DM 14, DM 15 dan DM 20 yang terletak di dekat daratan dan muara sungai, sebaran suhu menurun dibagian barat dan selatan perairan Sayung, dimana wilayah tersebut sudah tidak ada pengaruh secara langsung dari darat, berdasarkan penelitian sebelumnya oleh *Purwaningsih et al* (2015) menyatakan bahwa kisaran suhu di Perairan Sayung adalah $30,6-31,7^{\circ}\text{C}$, dan menurut *Riyadi et al* (2005) bahwa suhu perairan Sayung berkisar antara $27,44-29,82^{\circ}\text{C}$ dan pada tahun 2008 suhu perairan sayung berkisar antara $29-30,5^{\circ}\text{C}$ (Suprpti, 2008), hal tersebut menandakan bahwa nilai suhu permukaan laut meningkat dari tahun sebelumnya.



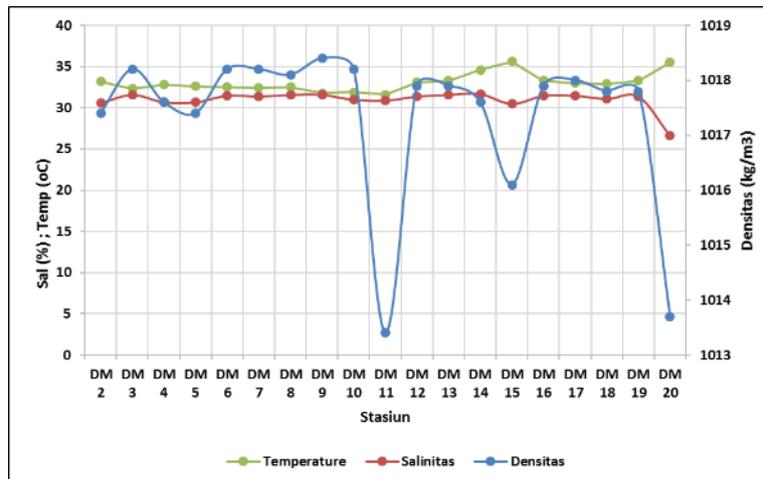
Gambar 4-28: Sebaran suhu permukaan Perairan Sayung, Demak

Suhu di dekat daratan dan dekat muara lebih tinggi karena adanya pengaruh dari suhu air sungai yang bercampur secara termodinamika menyebabkan meningkatnya suhu di muara, selain itu akibat adanya banyak industri yang membuang limbah panas ke perairan juga turut berpotensi terhadap peningkatan suhu yang mencapai nilai 35°C (Tergolong suhu yang terlampaui tinggi untuk perairan). Suhu adalah salah satu parameter fisika yang sangat penting di lingkungan perairan, perubahan suhu perairan akan mengganggu kondisi parameter fisika dan kimia perairan yang lain dan secara tidak langsung berpengaruh terhadap biota perairan tersebut. Suhu yang terlalu tinggi dapat berakibat pada tingginya tingkat toxic di perairan, termasuk dari kandungan logam berat dan pengendapan nutrisi yang terhambat (Arif dan Lestari, 2006).

4.3.1.4 Hubungan antara SPL, Salinitas dan Densitas

Hubungan antara parameter suhu, salinitas dan densitas (Gambar 4-30) terlihat bahwa pada beberapa stasiun terdapat hubungan berbanding terbalik antara suhu dan densitas maupun salinitas, dan hubungan berbanding lurus antara salinitas dan densitas, pada stasiun DM 3 densitas dan salinitas meningkat sedangkan suhu menjadi turun, kemudian pada stasiun DM 9 terdapat adanya kenaikan densitas dan salinitas yang diikuti dengan penurunan suhu, kondisi tersebut juga terjadi di stasiun DM 16 dan DM 17. Kondisi berbanding terbalik pada stasiun DM 4, DM 5, DM 11, DM 15 dan DM 20, dimana densitas menurun drastis yang diikuti salinitas, karena temperatur meningkat pada stasiun tersebut. Suhu, salinitas dan densitas merupakan faktor fisika yang berpengaruh terhadap mekanisme transport secara vertikal dan horizontal, selain itu juga berpengaruh terhadap kecepatan pengendapan zat-zat organik maupun anorganik di perairan (Wulandary *et al*, 2014). Terjadi anomaly densitas di stasiun DM 11, hal tersebut mungkin terjadi karena beberapa faktor, termasuk pemanasan secara local, pengaruh hutan *mangrove* dan faktor perpindahan massa air, di stasiun DM 15

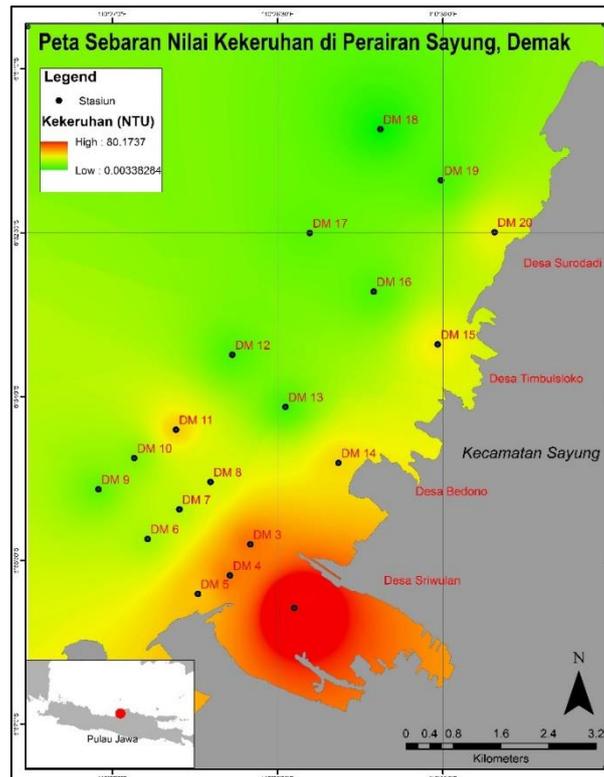
dan DM 20 densitas rendah karena pengaruh dari sungai sehingga ada pencampuran densitas antara air laut dan air sungai di wilayah muara, sehingga densitas menjadi rendah.



Gambar 4-29: Grafik hubungan suhu, salinitas dan densitas

4.3.1.5 Turbidity

Nilai kekeruhan berkisar antara 0-80,2 NTU dengan rata-rata nilai kekeruhan adalah $22,26 \pm 19,91$ NTU (Tabel 4-3), kekeruhan tertinggi berada pada stasiun DM 2, yang merupakan kawasan dekat pemukiman dan hutan *mangrove*, di beberapa muara sungai seperti stasiun DM 20 dan DM 15 dan DM 14 yang juga dekat dengan daratan (Gambar 4-31), Karena mekanisme transpot yang sangat aktif di dekat daratan menyebabkan turbulensi menjadi tinggi dan meningkatkan kekeruhan perairan. Kekeruhan tidak hanya membahayakan ikan tapi juga menyebabkan air tidak produktif karena menghalangi masuknya sinar matahari untuk fotosintesis (Riyadi et al, 2005). Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Sidqi et al (2003) menyatakan bahwa kekeruhan perairan Demak berkisar antara 33-158 NTU, hal tersebut menandakan bahwa kekeruhan perairan Sayung sudah melebihi ambang batas baku mutu (KLH, 2004).

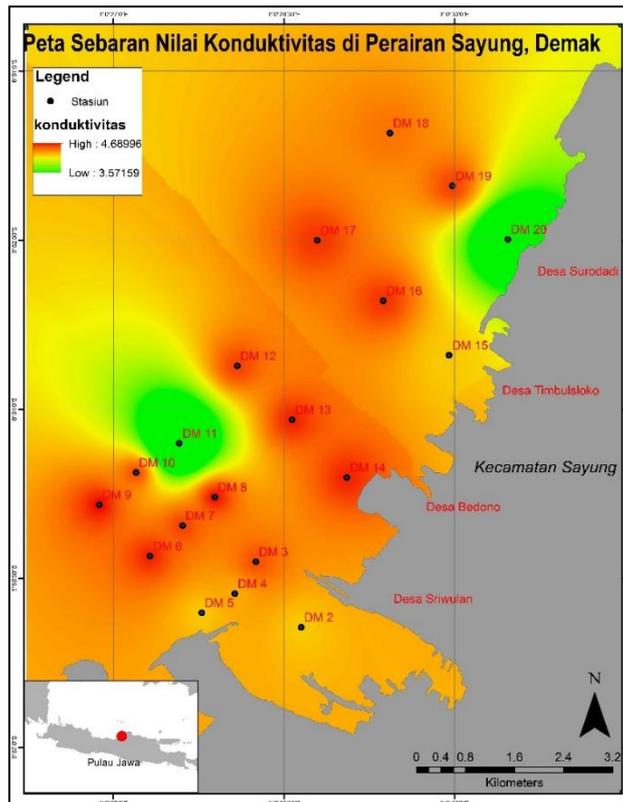


Gambar 4-30: Sebaran nilai kekeruhan di Perairan Sayung, Demak

Tingginya nilai kekeruhan di beberapa stasiun yang dekat dengan darat dan muara sungai disebabkan oleh tingginya aktifitas masyarakat pesisir yang membuang zat-zat organik dan anorganik yang akhirnya mencemari lingkungan, ditambah lagi tipe sedimen di perairan sayung adalah lumpur dan bersifat *cohesive*, dimana sediment dengan ukuran sangat kecil mudah terjadi turbulensi dan berpindah-pindah sesuai musim dan arah angin, secara umum perairan sayung tergolong keruh terbukti bahwa konsentrasi kekeruhan >1000 NTU, dan sudah melebihi ambang batas baku mutu air laut untuk kelangsungan hidup organisme, kekeruhan yang sangat tinggi tersebut sangat mengurangi aktivitas fotosintesis oleh *fitoplankton* dan secara langsung menurunkan tingkat produktivitas primer di perairan Sayung itu sendiri (Sihombing *et al*, 2015).

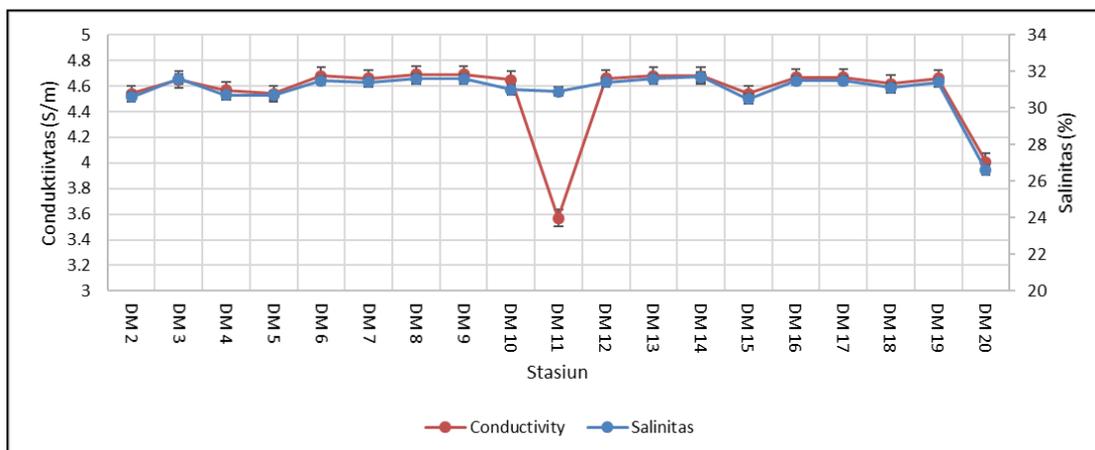
4.3.1.6 Konduktivitas

Nilai konduktivitas berkisar antara $3,57-4,69 \text{ S.m}^{-1}$, dengan rata-rata di setiap stasiun adalah $4.54 \pm 0,282 \text{ S.m}^{-1}$, nilai konduktivitas tertinggi hampir di semua stasiun memiliki tingkat konduktivitas yang tinggi namun ada beberapa stasiun yang memiliki nilai konduktivitas yang rendah seperti stasiun DM 11 dan DM 20 (Gambar 4-32), hal tersebut berbanding lurus dengan nilai salinitas bahwa di stasiun DM 20 memiliki nilai salinitas yang rendah juga. Perbandingan konsentrasi salinitas dan konduktivitas dapat dibandingkan pada setiap stasiun disajikan pada Gambar 4-33.



Gambar 4-31: Sebaran nilai konduktivitas Perairan Sayung, Demak

Perbandingan konsentrasi salinitas dan konduktivitas dapat dibandingkan pada setiap stasiun disajikan pada Gambar 4-33.



Gambar 4-32: Perbandingan nilai salinitas dan konduktivitas perairan Sayung, Demak

Tingkat salinitas dan konduktivitas berbanding lurus di semua stasiun walaupun dalam range dan satuan konsentrasi yang berbeda, hanya ada satu perbedaan yaitu di stasiun DM 11, dimana terjadi perbedaan yang drastis antara nilai salinitas dan konduktivitas. Menurut Purwaningsih *et al* (2015) bahwa nilai konduktivitas perairan Sayung berkisar antara 3,03-3,67 S.m⁻¹, hal tersebut menandakan bahwa nilai konduktivitas air laut di Perairan Sayung semakin meningkat setiap tahunnya.

4.3.2 Parameter Kimia Perairan

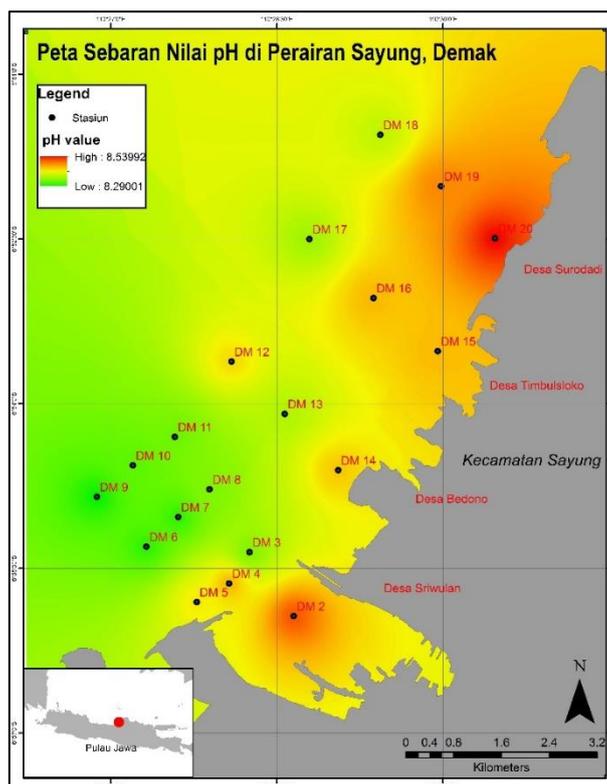
Terdapat 10 parameter kimia perairan yang diukur di daerah penelitian. Kesepuluh parameter kimia yang diukur tersebut ditunjukkan pada tabel 4-4.

Tabel 4-4: Statistik *deskriptive* data parameter kimia perairan Sayung, Demak

No	Parameter (mg,L ⁻¹)	Min	Max	Mean	ST Dev
1	pH	8,29	8,54	8,394737	0,075083
2	DO	4,16	8,83	5,606842	1,510044
3	TSS	23,1	119,6	67,83158	25,50641
4	BOD	656,79	1146,7	898,9553	120,7635
5	Phosphate	0,002	0,22195	0,015113	0,050241
6	Nitrate	0,2954	2,3502	0,644232	0,53252
7	Ammonia	0,0029	0,0959	0,010979	0,021965
8	Klorofil	0	8,2	0,689474	1,955873
9	Sulfida	0,001	0,016	0,001947	0,00344
10	Detergen terlarut	0,0055	1,3107	0,342258	0,368572

4.3.2.1 Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman di Perairan Sayung berkisar antara 8,29-8,54 dengan rata-rata pada setiap stasiun sebesar $8,39 \pm 0,075$ (Tabel 4.4), nilai pH tertinggi berada di stasiun DM 2 dan DM 20 (Gambar 4-34), dan disekitar dekat daratan nilainya lebih tinggi bila dibandingkan dengan stasiun yang jauh dari daratan, hal tersebut menandakan bahwa aktivitas di darat terdapat banyak asupan limbah/buangan yang bersifat basa sehingga nilai pH air laut di Perairan Sayung relatif tinggi/ basa. Nilai tersebut masih dalam kondisi aman untuk biota laut dan wisata bahari menurut baku mutu KLH (2004). Menurut *Sidqi et al* (2003) pH di Perairan Sayung berkisar antara 7,18-8,12, sedangkan *Sihombing et al* (2015) menyatakan bahwa derajat keasaman (pH) bersifat netral sekitar 6-7, sedangkan pH ideal untuk kehidupan biota adalah 7-8,5. Pada tahun 2014 kisaran pH di Perairan Sayung berkisar antara 6,5-7,5 (*Wulandari et al, 2014*), dan *Suprpti* (2008) menyatakan bahwa kisaran pH di Perairan Demak berkisar antara 6,8-7, nilai pH berpengaruh terhadap laju pengendapan logam berat diperairan.



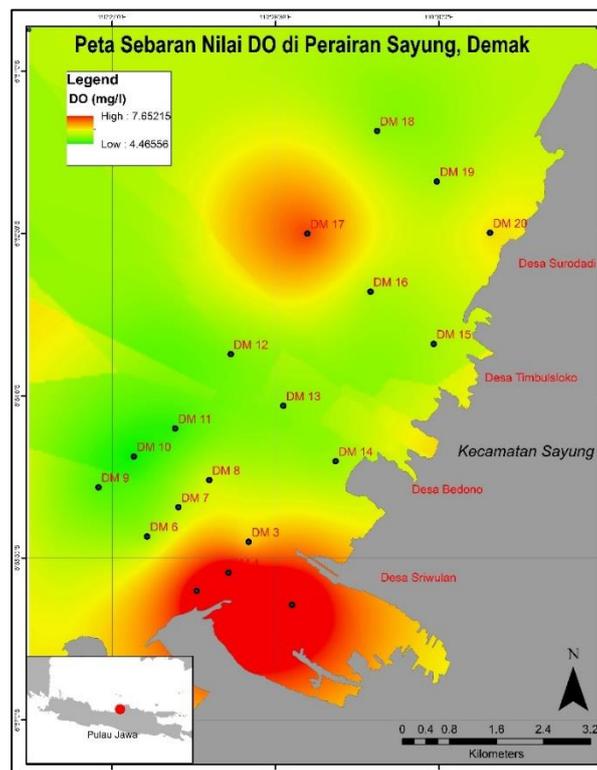
Gambar 4-33: Sebaran pH di Perairan Sayung, Demak

Air laut mempunyai kemampuan menyangga yang sangat besar untuk mencegah terjadinya perubahan derajat keasaman air laut. Perubahan pH sedikit saja dapat mengakibatkan terganggunya sistem penyangga dan dapat menimbulkan perubahan dan ketidaksetimbangan kadar CO_2 yang dapat membahayakan kehidupan biota laut (Riyadi *et al*, 2005), dan menurut Purwaningsih *et al* (2015) menyatakan bahwa pH perairan Sayung berkisar antara 7,4-7,5 dan masih aman untuk kehidupan biota laut, perbedaan hasil analisis derajat keasaman dari beberapa penelitian sebelumnya dikarenakan oleh beberapa faktor perbedaan spesifikasi alat, kesalahan dalam kalibrasi dan lain sebagainya. Namun dari semua hasil penelitian terdahulu terdapat kisaran pH antara 7-8,5 dan masih aman untuk kehidupan biota laut.

4.3.2.2 Dissolve Oxygen (DO)

Dissolve Oxygen (DO) merupakan parameter penting di perairan karena berkaitan erat dengan mekanisme fotosintesis oleh biota *autotroph* (*fitoplankton*), nilai DO di perairan Sayung berkisar antara 4,16-8,83 mg.L^{-1} , dengan rata-rata di setiap stasiun sebesar $5,6 \pm 1,51$ mg.L^{-1} (Tabel 4-4), kandungan oksigen tertinggi berada pada stasiun DM 2, DM 4, DM 5 dan DM 17, dan stasiun lainnya memiliki nilai DO yang lebih rendah (Gambar 4-40) dan lebih rendah dari baku mutu oleh KLH (2004) yaitu nilai DO yang diperbolehkan untuk kehidupan biota maupun wisata bahari adalah >5 mg.L^{-1} , bila nilai DO kurang dari 5 mg.L^{-1} , maka perairan dikategorikan dalam kondisi kurang oksigen atau bila berlanjut dapat menyebabkan kondisi *anoxic*, yaitu kondisi dimana kurangnya kadar oksigen dalam air yang menyebabkan kematian masal ikan dan biota laut lainnya, banyak faktor yang dapat menyebabkan kondisi tersebut, salah satunya yaitu adanya blooming algae, akibat dari meningkatnya kadar nutrisi di perairan (Wisha *et al*, 2014).

Nilai DO di stasiun DM 2, DM 4, DM 5 dan DM 17 mencapai nilai 7-8 mg.L⁻¹, nilai tersebut sangatlah tinggi dan dapat dikatakan wilayah tersebut sangatlah subur dengan aktifitas *fitoplankton* yang baik, namun nilai kadar oksigen terlarut yang terlampaui tinggi juga dapat berbahaya bagi biota. Menurut Riyadi *et al.* (2005) menyatakan bahwa DO di Perairan Sayung berkisar antara 4,71-5,08 mg.L⁻¹, dan Perairan Sayung memiliki daya dukung yang kurang baik bagi biota laut. Menurut Purwaningsih *et al.* (2015) nilai DO di Perairan Sayung berkisar antara 3,2-3,67 mg.L⁻¹, menurut Suprpti (2008) nilai DO di Perairan Sayung berkisar antara 6-6,5 mg.L⁻¹, menurut wulandari *et al.* (2014) tara-rata kandungan oksigen terlarut di Perairan saying sebesar 5,95 mg.L⁻¹, dan Sihombing *et al.* (2015) menyatakan bahwa oksigen terlarut di perairan Sayung didapatkan sebesar 2-2,57 mg.L⁻¹, nilai DO minimum adalah 2 mg.L⁻¹ dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (toksik), sehingga sudah cukup mendukung kehidupan *fitoplankton*, kandungan DO lebih dari 5 mg.L⁻¹ termasuk tingkat pencemaran rendah, sedangkan DO sebesar 0-5 mg.L⁻¹ dalam pencemaran sedang. Tingkat pencemaran tinggi apabila kandungan oksigen terlarut bernilai nol. DO berasal dari difusi udara dan hasil fotosintesis dengan proses fosforilasi menghasilkan senyawa oksigen bebas di perairan (Salmin, 2005). Beberapa hasil penelitian terdahulu menandakan bahwa kandungan oksigen terlarut bersifat fluktuatif tergantung dari musim dan pengaruh daratan.

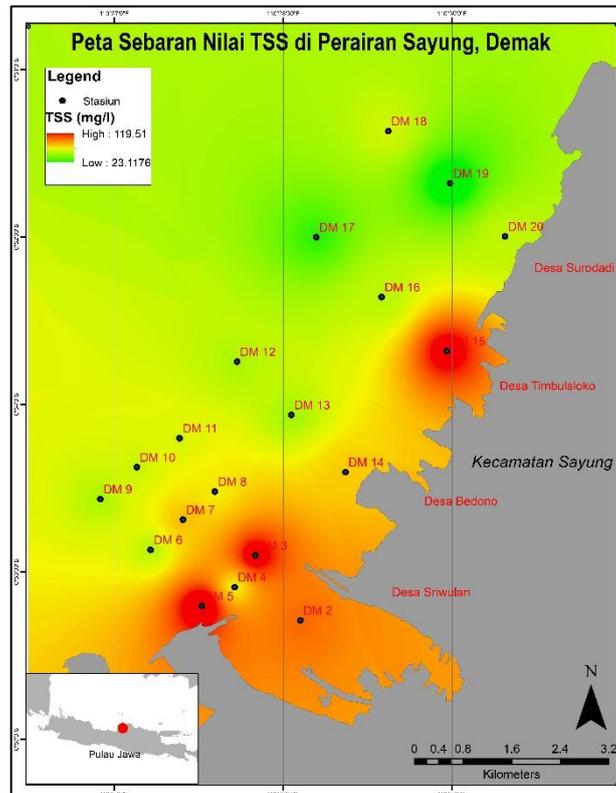


Gambar 4-34: Sebaran DO di Perairan Sayung, Demak

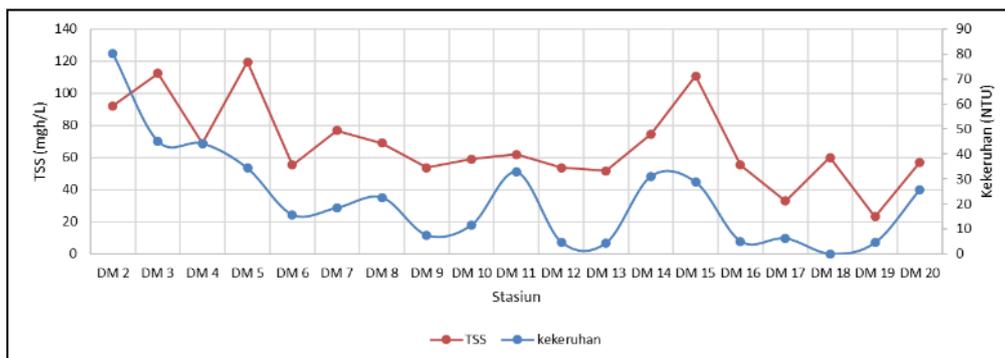
4.3.2.3 Total Suspended Solid (TSS)

Nilai *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Sayung berkisar antara 23,1-199,6 mg.L⁻¹, dengan rata-rata TSS di setiap stasiun adalah 67,83 ± 25,5 mg. L⁻¹ (Tabel 4-4), konsentrasi TSS tertinggi berada pada stasiun DM 2, DM 3, DM 5 dan DM 15 (Gambar 4-36), secara umum stasiun yang berada di dekat daratan memiliki konsentrasi TSS yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan stasiun yang jauh dari daratan, Karena sumber utama sebaran TSS

adalah dari darat, dapat berupa gerusan sedimen oleh gelombang atau arus *longshore* yang akhirnya tersuspensi dan tertransportasi ke area lain, dan juga dapat diakibatkan oleh adanya peristiwa resuspensi sedimen dasar yang teraduk dan terjadi turbulensi dan proses *mixing* sehingga tingkat konsentrasi TSS di perairan sayung lebih tinggi di stasiun dekat daratan. Kondisi TSS yang diperbolehkan berdasarkan baku mutu KLH (2004) untuk ekosistem *mangrove* adalah 80 mg.L^{-1} .



Gambar 4-35: Sebaran TSS di Perairan Sayung, Demak



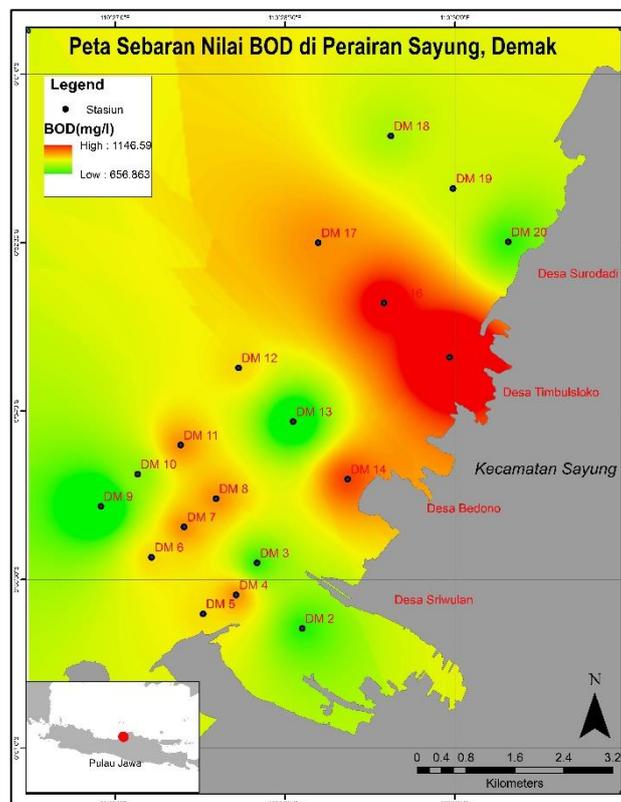
Gambar 4-36: Perbandingan konsentrasi TSS dan kekeruhan di setiap stasiun

Total suspended solid sering sekali dihubungkan dengan nilai kekeruhan perairan, secara umum bila suspensi zat padat meningkat maka perairan menjadi keruh dan hal tersebut sangat berbahaya dan mengancam biota *autotroph* yang secara tidak langsung akan merubah kondisi ekosistem dan jaring-jaring makanan yang ada, terbukti pada semua stasiun konsentrasi TSS dan kekeruhan berbanding lurus, hanya ada perbedaan pada stasiun DM 1 dan DM 2 (Gambar 4-36), namun sisanya berbanding lurus dan menandakan bahwa TSS berpengaruh terhadap meningkatnya kekeruhan perairan.

Menurut Purwaningsih *et al* (2015) TSS di perairan Sayung berkisar antara 49-67 mg.L⁻¹ dan nilai TSS berkorelasi negatif terhadap pengendapan logam berat, Menurut *Sidqi et al* (2003) TSS di perairan Sayung berkisar antara 41,93-152,13 mg.L⁻¹, berdasarkan analisis TSS dengan menggunakan citra *landsat* oleh Arief dan Lestari (2006) bahwa nilai TSS berdasarkan citra berkisar antara 25-50 mg.L⁻¹, menurut Wulandari *et al* (2014) nilai TSS di perairan Sayung berkisar antara 9,5-28,1 mg.L⁻¹, asupan terbesar konsentrasi TSS berasal dari muara sungai, pada saat pasang, elevasi air laut lebih tinggi sehingga muara akan di dominasi oleh air laut, sedangkan pada saat surut, maka elevasi air laut lebih rendah daripada air sungai maka dominasi air sungai terjadi di wilayah muara yang membawa zat-zat padat tersuspensi dan mempengaruhi ekosistem muara yang ada (Wisha dan Heriati, 2016).

4.3.2.4 Biological Oxygen Demand (BOD)

Hasil analisis berkisar antara 656,79-1146,7 mg.L⁻¹ dengan rata-rata BOD disetiap stasiun adalah 898,955 ± 120,7635 mg.L⁻¹ (Tabel 4-4).



Gambar 4-37: Sebaran nilai BOD di Perairan Sayung, Demak

Nilai BOD tertinggi berada pada stasiun DM 15 dan DM 16 (Gambar 4-38), yang terletak di Desa Timbulsloko, yang saat ini sedang dikembangkan sabuk hijau *mangrove*, dengan adanya banyak *mangrove* maka kebutuhan oksigen oleh mikroorganisme pengurai semakin meningkat, BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk melakukan penguraian atau dekomposisi bahan organik secara aerob (*Umay dan Cuvin, 1988; Metcalf dan Eddy, 1991*). Menurut *Hopkins et al* (1994) menyatakan bahwa bahan organik yang dekomposisi (*readily decomposable organik matter*). Mays (1996) menyebutkan bahwa BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan

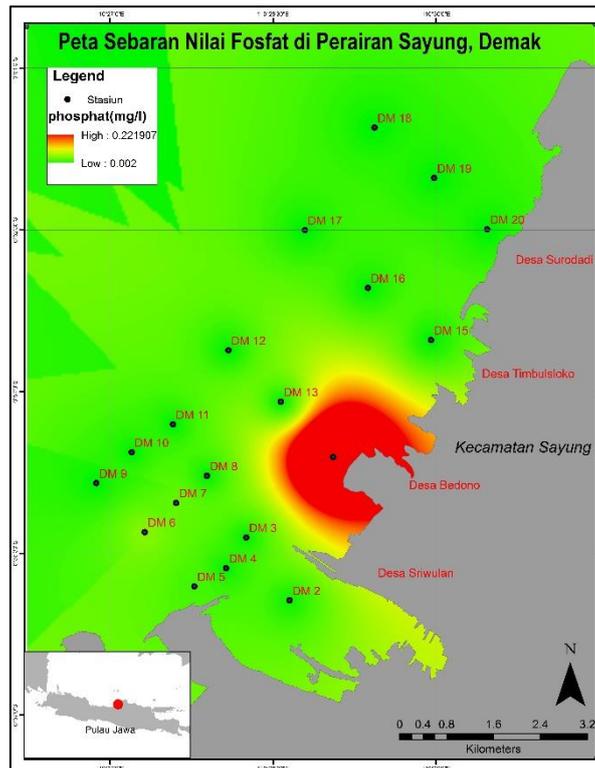
oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang bisa didekomposisi.

4.3.2.5 Fosfat

Nilai konsentrasi nutrien fosfat berkisar antara 0,002-0,2 mg.L⁻¹ dengan rata-rata nilai fosfat di setiap stasiun adalah $0,015110 \pm 0,050241$ mg.L⁻¹ (Tabel 4-4), dengan nilai tertinggi berada pada stasiun DM 14 dengan nilai 0,22195 mg.L⁻¹, di stasiun lain nilai fosfat sangat rendah ditemukan (Gambar 4-39), lokasi fosfat tertinggi banyak dipengaruhi oleh sumber fosfat dari darat seperti limbah rumah tangga, sehingga sumber fosfat di muara lebih besar dari sekitarnya. Keberadaan fosfat di dalam air akan terurai menjadi senyawa ionisasi, antara lain dalam bentuk ion H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻, PO₄³⁻ (Crosby, 1998). Fosfat diabsorpsi oleh *fitoplankton* dan seterusnya masuk kedalam rantai makanan. Senyawa fosfat di perairan bersumber dari erosi tanah, buangan kotoran hewan, dan pelapukan tumbuhan, dan dari air laut itu sendiri. Peningkatan kadar fosfat di laut, dapat menyebabkan terjadinya *Blooming Algae* yang nantinya dapat mengakibatkan kematian massal ikan. Batas maksimal kandungan fosfat di perairan untuk pertumbuhan plankton adalah 0,27-5,51 mg.L⁻¹ (Lu, 1995).

Fosfat dalam air laut berbentuk ion fosfat. Ion fosfat dibutuhkan pada proses fotosintesis dan proses lainnya dalam tumbuhan (bentuk ATP dan Nukleotid koenzim). Penyerapan dari fosfat dapat berlangsung terus walaupun dalam keadaan gelap. Ortofosfat (H₃PO₄) adalah bentuk fosfat anorganik yang paling banyak terdapat dalam siklus fosfat. Distribusi bentuk yang beragam dari fosfat di air laut dipengaruhi oleh proses biologi dan fisik. Dipermukaan air, fosfat diangkut oleh *fitoplankton* sejak proses fotosintesis (Manahan, 1994).

Konsentrasi fosfat di atas 0,3 μm akan menyebabkan kecepatan pertumbuhan pada banyak spesies *fitoplankton*. Untuk konsentrasi dibawah 0,3 μm ada bagian sel yang cocok menghalangi dan sel fosfat kurang diproduksi. Mungkin hal ini tidak akan terjadi di laut sejak NO₃ selalu habis sebelum PO₄ jatuh ke tingkat yang kritis. Pada musim panas, permukaan air mendekati 50% seperti organik-P. Di laut dalam kebanyakan P berbentuk inorganik. Di musim dingin hampir semua P adalah inorganik. Variasi di perairan pantai terjadi karena proses *upwelling* dan kelimpahan *fitoplankton*. Pencampuran yang terjadi dipermukaan pada musim dingin dapat disebabkan oleh bentuk linier di air dangkal. Setelah musim dingin dan musim panas kelimpahan fosfat akan sangat berkurang.



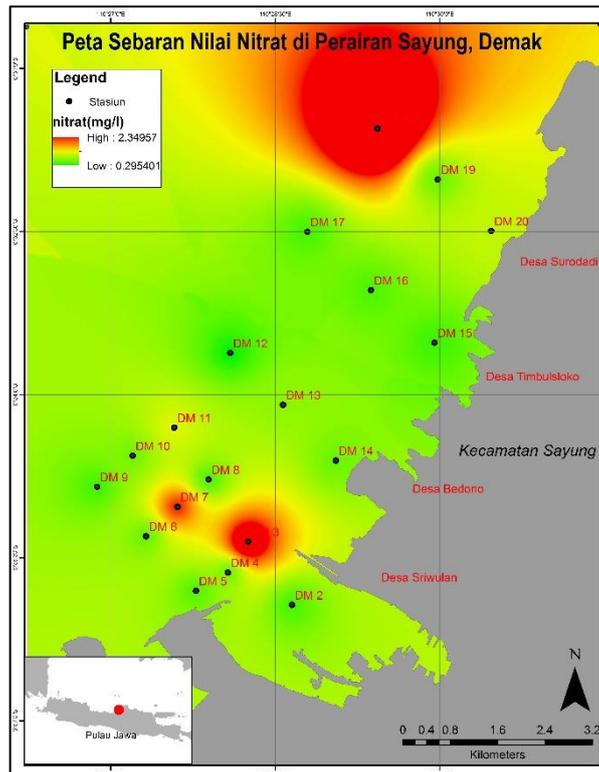
Gambar 4-38: Sebaran fosfat di Perairan Sayung, Demak

Di perairan unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat. Senyawa fosfor membentuk kompleks ion besi dan kalsium pada kondisi *aerob*, bersifat tidak larut, dan mengendap pada sedimen sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh algae akuatik. Fosfat dalam air laut berbentuk ion fosfat. Ion fosfat dibutuhkan pada proses fotosintesis dan proses lainnya dalam tumbuhan (bentuk ATP dan *Nukleotid koenzim*). Penyerapan dari fosfat dapat berlangsung terus walaupun dalam keadaan gelap. Ortofosfat (H_3PO_4) adalah bentuk fosfat anorganik yang paling banyak terdapat dalam siklus fosfat. Distribusi bentuk yang beragam dari fosfat di air laut dipengaruhi oleh proses biologi dan fisik. Dipermukaan air, fosfat di angkut oleh *fitoplankton* sejak proses fotosintesis (*Wasilah dan Deetje, 2002*).

4.3.2.6 Nitrat

Nilai nitrat berkisar antara 0,2954-2,3502 $mg.L^{-1}$ dengan rata-rata nilai nitrat di setiap stasiun adalah $0,644 \pm 0,532 mg.L^{-1}$ (Tabel 4-4). Nilai nitrat tertinggi berada pada stasiun DM 3, DM 7 dan DM 18, yang berada jauh dari daratan (Gambar 4-40), dalam hal ini nitrat yang jumlahnya dalam konsentrasi tinggi terdistribusi oleh faktor oseanografi (arus, pasang surut, gelombang) menuju suatu tempat tertentu, nilai nitrat di perairan cenderung sangat tinggi bila dibandingkan dengan nutrisi lainnya (*Manahan, 1994*).

Nitrogen merupakan salah satu unsur penting bagi pertumbuhan organisme dan proses pembentukan protoplasma, serta merupakan salah satu unsur utama pembentukan protein. Di perairan nitrogen biasanya ditemukan dalam bentuk ammonia, ammonium, nitrit dan nitrat serta beberapa senyawa nitrogen organik lainnya.

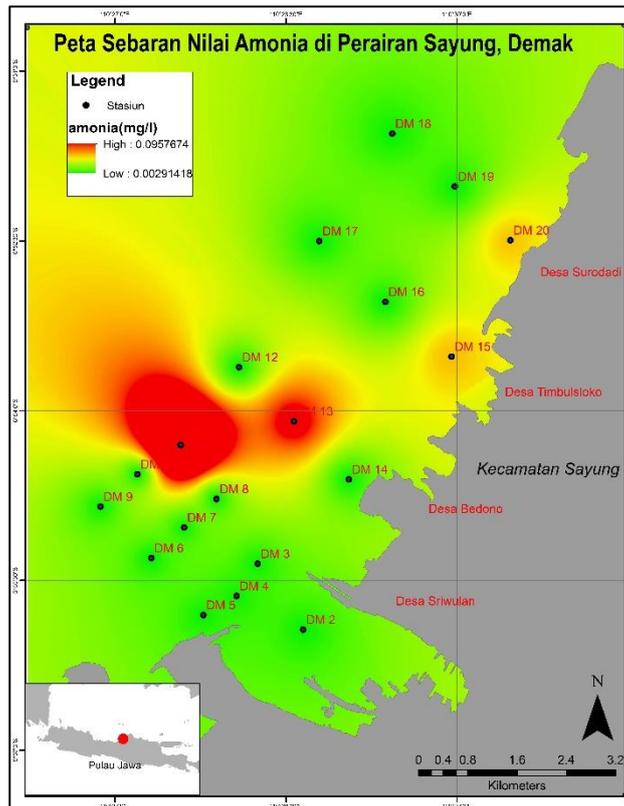


Gambar 4-39: Sebaran nitrat di Perairan Sayung, Demak

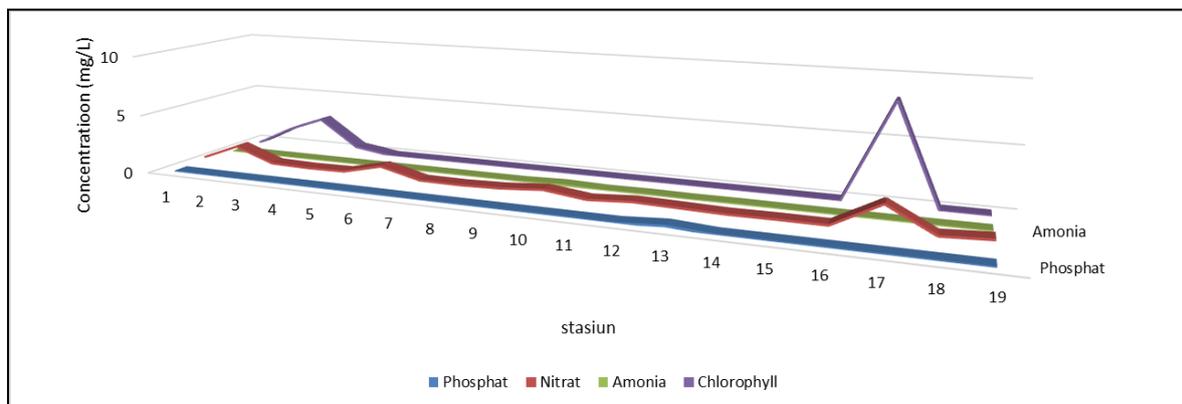
Pada umumnya nitrogen diabsorpsi oleh *fitoplankton* dalam bentuk nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dan ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$). *Fitoplankton* lebih banyak menyerap $\text{NH}_3\text{-N}$ dibandingkan dengan $\text{NO}_3\text{-N}$ karena lebih banyak dijumpai diperairan baik dalam kondisi aerobik maupun anaerobik. Senyawa-senyawa nitrogen ini sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen dalam air, pada saat kandungan oksigen rendah nitrogen berubah menjadi amoniak (NH_3) dan saat kandungan oksigen tinggi nitrogen berubah menjadi nitrat (NO_3) (Wasilah dan Deetje, 2002).

4.3.2.7 Amonia

Nilai amonia berkisar antara $0,0029\text{-}0,0959 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, dengan rata-rata di semua stasiun adalah $0,0109 \pm 0,021 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Tabel 4-4), konsentrasi ammonia terbesar berada pada stasiun DM 11 dan DM 13 yang juga jauh dari muara maupun daratan yang telah tertransportasi oleh adanya dinamika arus di perairan Sayung (Gambar 4-41). Amonia (NH_4) dan garam-garamnya bersifat mudah larut dalam air. Sumber ammonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba dan jamur (amonifikasi).



Gambar 4-40: Sebaran amonia di Perairan Sayung, Demak



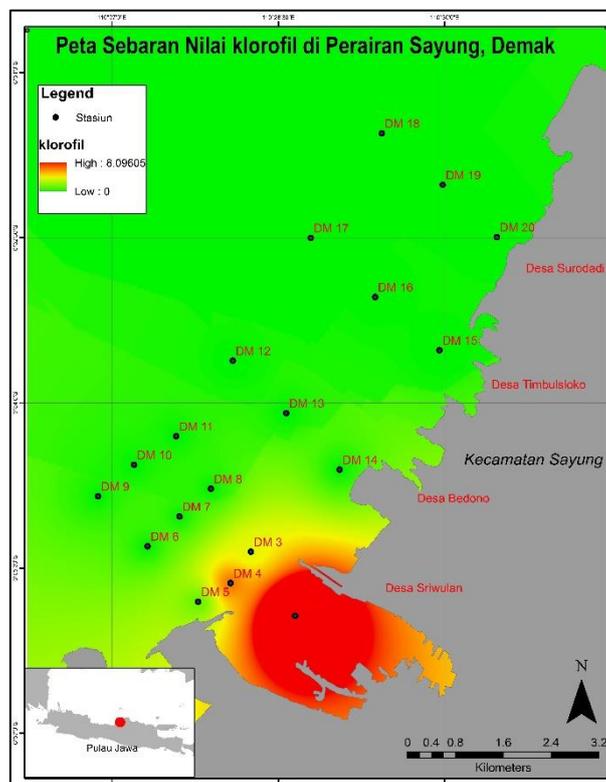
Gambar 4-41: Perbandingan konsentrasi nutrisi dan klorofil di Perairan Sayung, Demak

Sumber amonia adalah reduksi gasnitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri dan domestik. Amonia yang terdapat dalam mineral masuk ke badan air melalui erosi tanah. Selain terdapat dalam bentuk gas, amonia membentuk senyawa kompleks dengan beberapa ion (Crosby, 1994). Amonia juga dapat terserap kedalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid sehingga mengendap di dasar perairan. Amonia di perairan dapat menghilang melalui proses volatilisasi karena tekanan parsial amonia dalam larutan meningkat dengan semakin meningkatnya pH. Ikan tidak bisa bertoleransi terhadap kadar amonia bebas yang terlalu tinggi karena dapat mengganggu proses pengikatan oksigen oleh darah dan pada akhirnya dapat meningkatkan sifokasi. Pada budidaya intensif, yang

padat penebaran tinggi dan pemberian pakan sangat intensif, penimbunan limbah kotoran terjadi sangat cepat (Sawyer *et al*, 2003).

4.3.2.8 Klorofil

Nilai klorofil berkisar antara 0-8,2 mg.L⁻¹, dengan rata-rata di setiap stasiun sebesar 0,689 ± 1,955 mg.L⁻¹, nilai klorofil tertinggi berada pada stasiun DM 2 dan DM 4 yang merupakan wilayah ekosistem *mangrove* (Gambar 4-43). Kondisi nutrisi di perairan sangat berpengaruh terhadap produktivitas primer yang terjadi, semakin tinggi konsentrasi nutrisi maka semakin banyak zat anorganik yang diubah menjadi zat organik oleh biota autotroph (*fitoplankton*). Kondisi klorofil lebih besar dipengaruhi oleh nitrat, terlihat pada 4.49 bahwa hampir di semua jenis nutrisi, nilai nitrat yang paling berkorelasi dengan klorofil, pada stasiun DM 2 kadar nitrat meningkat diikuti dengan kondisi klorofil, demikian juga pada stasiun DM 17. Klorofil-a merupakan komponen penting yang didukung *fitoplankton* dan tumbuhan air yang mana keduanya merupakan sumber makanan alami bagi ikan. Klorofil-a adalah suatu pigmen aktif dalam sel tumbuhan yang mempunyai peran penting terhadap berlangsungnya proses fotosintesis (Prezelin, 1981 dalam Krismono, 2010).



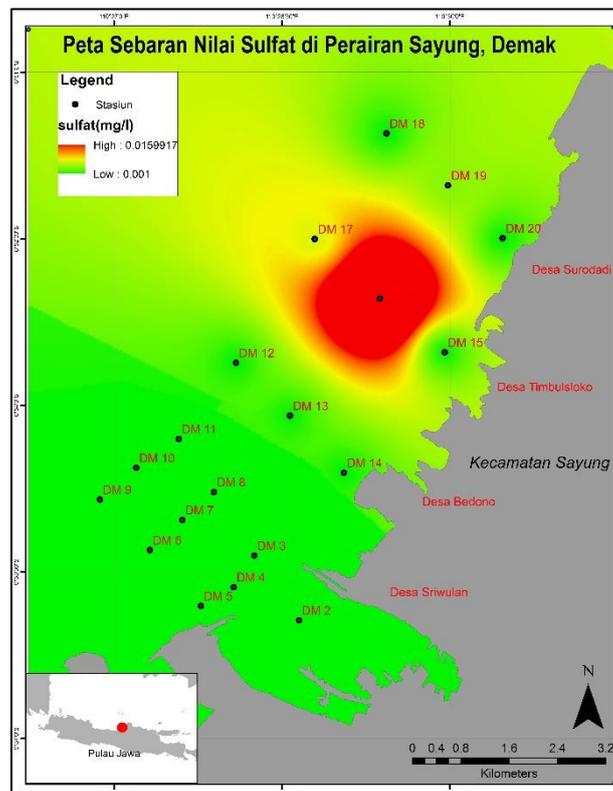
Gambar 4-42: Sebaran konsentrasi klorofil-a di Perairan Sayung, Demak

Klorofil-a di suatu perairan dapat digunakan sebagai ukuran produktivitas primer *fitoplankton*, karena pada umumnya dapat dijumpai pada semua jenis *fitoplankton* (Goldman & Horne, 1983). Henderson-Sellers & Markland (1987), menyatakan bahwa konsentrasi klorofil-a untuk perairan tipe oligotrofik sebesar 0 – 4 mg/m³, tipe mesotrofik sebesar 4 – 10 mg/m³, dan tipe eutrofik sebesar 10 – 100 mg/m³. Konsentrasi klorofil-a di perairan dapat mewakili biomassa dari alga atau *fitoplankton*. Konsentrasi klorofil-a dalam *fitoplankton* sekitar 0,5 – 2 % berat tubuh. Konsentrasi klorofil-a dari tiap jenis *fitoplankton* berbeda-

beda. Konsentrasi klorofil-a berbanding lurus dengan biomassa *fitoplankton* (Wetzel, 2001 dalam Herawati, 2008).

4.3.2.9 Sulfat

Nilai sulfat berkisar antara $0,001-0,016 \text{ mg.L}^{-1}$, dengan rata-rata nilai sulfat di setiap stasiun adalah $0,0019 \pm 0,0034 \text{ mg.L}^{-1}$, dengan nilai konsentrasi sulfat tertinggi berada pada stasiun DM 16, hal tersebut berbahaya bagi biota di sekitar area tersebut, Karena sulfat dapat bersifat toksik (Sawyer *et al*, 2003). Sulfat secara luas terdistribusi di alam dan dalam air laut, terutama dalam air limbah industri yang dibuang ke perairan laut. Salah satunya adalah air buangan limbah industri kertas dan pertambangan yang memiliki kadar sulfat yang tinggi karena oksidasi dari pirit. Konsentrasi sulfat di dalam air alam umumnya terdapat dalam jumlah yang sangat besar (Aprianti, 2008). Apabila diperairan tidak terdapat oksigen atau nitrat maka sulfat berperan sebagai sumber oksigen dalam proses oksidasi yang dilakukan oleh bakteri anaerob. Pada kondisi tersebut, ion sulfat direduksi menjadi ion sulfid yang membentuk kesetimbangan dengan ion *hydrogen* untuk membentuk *hydrogen sulfide*. Kadar sulfat yang terlalu tinggi dapat mengancam kehidupan akuatik disekitarnya (Manahan, 1994).

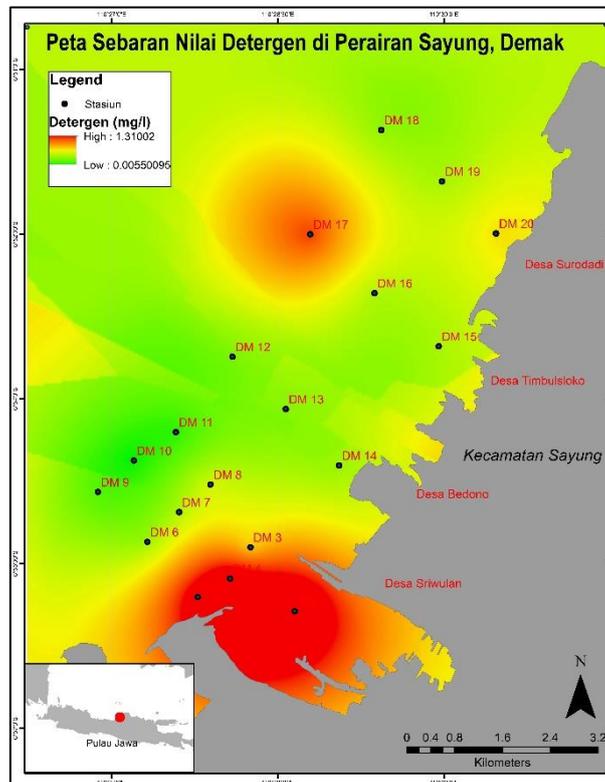


Gambar 4-43: Sebaran sulfat di Perairan Sayung, Demak

4.3.2.10 MBAS

Nilai detergen di Perairan Sayung berkisar antara $0,0055-1,3107 \text{ mg.L}^{-1}$, dengan rata-rata konsentrasi detergen di setiap stasiun adalah $0,34 \pm 0,3685 \text{ mg.L}^{-1}$ (Tabel 4-4). Cemaran detergen tertinggi berada pada stasiun DM 2, DM 4, DM 5 dan DM 17 (Gambar 4-51), kandungan detergen juga mengandung nutrisi fosfat dan nitrat sehingga penyebarannya tidak jauh berbeda dengan nutrisi. Deterjen menjadi bahan pencemar karena Deterjen buatan atau synthetic detergent adalah campuran sejenis senyawa bahan pembersih yang mengandung utama zat surfaktan (*surfactant* atau *surface active agents*), dengan bahan-

bahan lain seperti zat pengisi (*fillers*), pembentuk (*builders*), serta komponen lain seperti pewarna, pewangi, boosters dan lain-lain. Surfaktan adalah senyawa kimia yang mudah larut dalam cairan yang memungkinkannya terserap pada zat lain sehingga zat tersebut menjadi mudah larut atau memiliki sifat kimia fisika tertentu dalam suatu cairan. Molekul surfaktan setidaknya berkadungan satu gugus yang memiliki afinitas pada permukaan cairan polar, yang umumnya dipahami sebagai tingkat kelarutan dalam air, dan satu gugus lain yang tidak mudah berafinitas dengan air (Haight, 1995).



Gambar 4-44: Sebaran konsentrasi deterjen di Perairan Sayung, Demak

Dampak pencemaran oleh sabun/deterjen karena deterjen merupakan bahan pembersih yang terbuat dari bahan kimia sintesis dengan komponen utama surfaktan. Karna dianggap bukan bahan berbahaya atau toksik maka sebagian limbah penggunaan deterjen sering di buang kedalam perairan sehingga menjadi sumber pencemaran yang potensial. Dalam konsentrasi tertentu deterjen dalam air dapat mengganggu difusi oksigen dari udara kedalam air, selain itu senyawa Fosfor dan nitrogen yang terkandung dalam deterjen dapat menyebabkan eutrofikasi dalam perairan. Pengaruh lanjut deterjen terhadap organisme perairan adalah berupa penghambatan pertumbuhan dan menyebabkan degradasi fungsi pada berbagai organ tubuh dari organisme lain (Manahan, 1994).

4.4 Interaksi Laut dan Iklim

Karakteristik angin ditentukan oleh besar dan arah angin. Arah angin bergantung pada arah dari mana angin bertiup. Rata-rata kecepatan angin selama periode waktu tertentu dihitung dengan menghitung jumlah putaran selama periode waktu tertentu. Kecepatan angin berbeda untuk setiap ketinggian permukaan. Gesekan akibat permukaan cenderung akan menurunkan kecepatan angin yang lewat di atasnya. Kecepatan angin paling lambat di

permukaan yang rendah dan akan bertambah seiring dengan bertambahnya ketinggian. Untuk alasan ini anemometer ditempatkan pada ketinggian standar yang dipilih, yaitu 10 m.

Berdasarkan durasinya, angin dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- angin yang berhembus berkelanjutan untuk jangka waktu lebih dari satu menit atau lebih, atau
- Gust, yang terjadi kurang dari satu menit (API 1993)

Konversi dari kecepatan angin dapat dilakukan menggunakan formulasi *Shore Protection Manual* 1984 atau formulasi API 1993.

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1.277 + 0.296 \cdot \tanh\left\{0.9 \cdot \log_{10}\left(\frac{45}{t}\right)\right\} ; 0 < t < 3600 \text{ sec.}$$

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1 + \left\{3.0 + \ln\left(\frac{3}{t}\right)^{0.6}\right\} \left\{0.15\left(\frac{1}{2}\right)^{-0.125}\right\} ; t \leq 60 \text{ sec.}$$

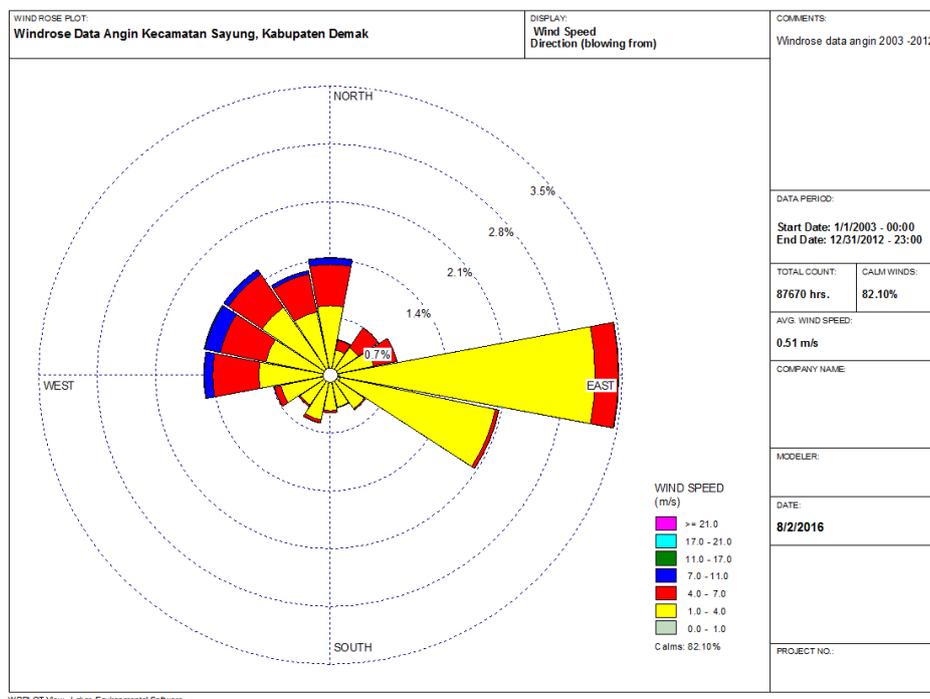
dimana:

U_t = kecepatan angin dengan durasi lebih dari 3 detik

U_{3600} = kecepatan angin dengan durasi 1 jam

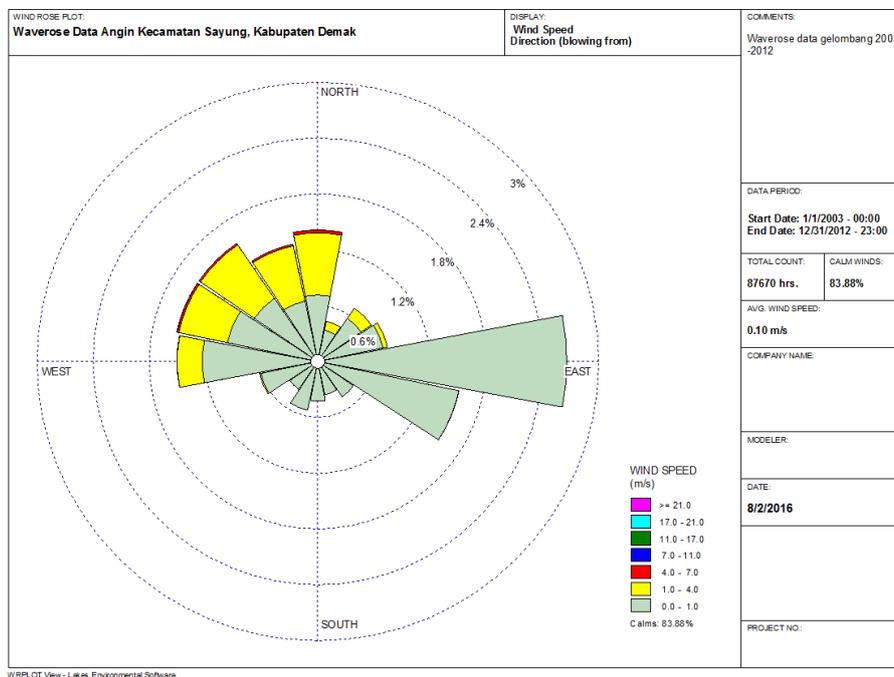
Formulasi API 1983 hanya bisa mengkonversi kecepatan angin yang tidak lebih dari 60 detik. Untuk yang lebih dari satu menit hanya dapat dilakukan oleh formulasi SPM 1984. Berdasarkan persamaan di atas, kecepatan angin diperoleh dengan mengalikan kecepatan angin per jam dengan faktor perbesaran 1,51 (*SPM 1984*) atau 1,49 (*API, 1993*). SPM formulasi 1984 digunakan karena dapat menghasilkan nilai yang lebih besar.

Gambaran Statistik Data Angin dan Gelombang Sayung, Demak



Gambar 4-45: Windrose data angin Sayung, Demak Tahun 2003 s/d 2012

Berikut ini statistik Data Angin (*Windrose*) di perairan Sayung tahun 2003 – 2012. Keterangan pada gambar menunjukkan *Average Wave Height* = 0,1 m dan skala menunjukkan *wave height (m)*.

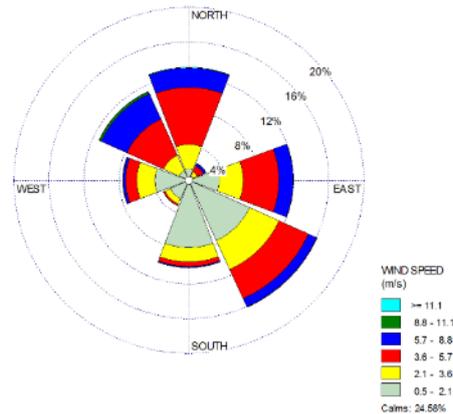


Gambar 4-46: *Waverose* data gelombang Sayung, Demak Tahun 2003 s/d 2012

Perhitungan nilai ekstrim memerlukan identifikasi nilai maksimum tunggal data untuk setiap tahun data yang tersedia. Seperti dalam perhitungan statistik, data yang lebih banyak akan menghasilkan hasil statistik yang lebih stabil dan akurat. Ada sejumlah metode untuk memperkirakan nilai ekstrim, masing-masing didasarkan pada distribusi yang diasumsikan nilai maksimum. Pendekatan yang umum adalah untuk dengan metode analisis distribusi dengan masing-masing data yang tersedia dan kemudian memilih salah satu yang paling cocok. Analisis Extremal untuk 1 data angin (satu) jam telah dilakukan dengan menggunakan fungsi distribusi

4.4.1 Perhitungan Faktor Tegangan Angin

Untuk memudahkan pembacaan data angin selama 10 tahun, maka dibuat dalam bentuk tabel dibawah ini. Dari gambar dibawah dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum dari arah Tenggara. Hal ini disebabkan karena daerah Timur merupakan arah ke perairan lepas dan secara topografi tidak ada penghalang untuk arah angin masuk ke bagian daratan. Informasi arah datang gelombang diperoleh dengan mengklasifikasikan data angin 2005-2015 dan dikelompokkan berdasarkan skala *Beaufort*. Data angin yang digunakan diperoleh dari stasiun BMKG Bandara Ahmad Yani Semarang yang berjarak 14 km dari Kecamatan Sayung. Data angin tersebut digunakan karena merupakan stasiun terdekat dari daerah penelitian dan menyediakan data yang memadai selama 10 tahun. Berikut ini diagram mawar data angin BMKG Bandara A. Yani Semarang.



Gambar 4-47: Mawar angin Tahun 2005-2015

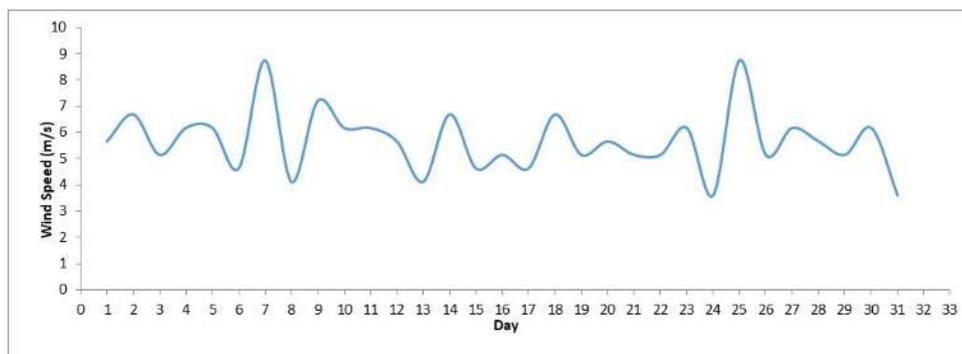
Hasil perhitungan *fetch* untuk empat arah mata angin utama di perairan Sayung dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4-5: Perhitungan *fetch* rerata efektif

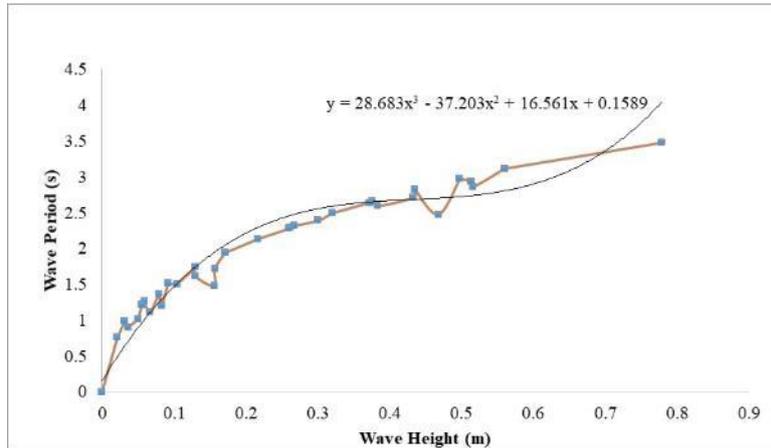
Arah Utama Angin	Fetch (m)
Utara	14715,98
Timur laut	12739,01
Timur	6320,98
Tenggara	0,00
Selatan	0,00
Barat Daya	2593,41
Barat	12429,29
Barat Laut	17514,90

Dari Gambar 4-48 dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum dari arah tenggara, barat laut dan utara. Dari tabel juga diketahui bahwa tidak ada angin yang menyebabkan terjadinya gelombang dari arah Tenggara dan Selatan dikarenakan kontur dan elevasi daratan yang menghalangi arah angin.

Data angin yang akan digunakan untuk peramalan tinggi dan perioda gelombang harus dikoreksi terhadap elevasi, stabilitas, efek lokasi dan koefisien seret untuk mendapatkan *wind stress factor* atau faktor tenaga angin (*UA*). Data angin yang digunakan adalah data angin maksimum harian yang akan menyebabkan tinggi gelombang maksimum



Gambar 4-48: Grafik gelombang maksimum harian di Perairan Sayung Maret 2016



Gambar 4-49: Grafik hubungan tinggi dengan periode gelombang untuk arah Timur

Berikut ini adalah perhitungan koefisien refraksi untuk delapan penjuror arah mata angin yang terjadi di perairan Kecamatan Sayung

Tabel 4-6: Perhitungan koefisien refraksi perairan Kecamatan Sayung

Utara							Selatan					
z (m)	10	8	6	4	2	0,1	10	8	6	4	2	0,1
sin α	-	-	0	0	0	0	-	-	1,23E-16	1,23E-16	1,3E-16	5,03E-17
α	-	-	0	0	0	0	-	-	7,02E-15	7,06E-15	7,46E-15	2,88E-15
Kr	-	-	0,13	0,13	0,13	0,13	-	-	-	-	-	-
Timur Laut							Barat Daya					
z (m)	10	8	6	4	2	0,1	10	8	6	4	2	0,1
sin α	-	-	0,71	0,71	0,75	0,29	-	-	-0,67599	-0,67921	-0,71793	-0,27762
α	-	-	45	45,3	48,7	16,9	-	-	-42,5313	-42,7821	-45,8841	-16,1185
Kr	-	-	0,14	0,19	0,69		-	-	-	-	0,213769	0,127267
Timur							Barat					
z (m)	10	8	6	4	2	0,1	10	8	6	4	2	0,1
sin α	-	-	1	1,01	1,06	0,41	-	-	-1,0006	-1,00536	-1,06268	-0,41094
α	-	-	-	-	-	24,3	-	-	-	-	-	-24,2636
Kr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,163144
Tenggara							Barat Laut					
z (m)	10	8	6	4	2	0,1	10	8	6	4	2	0,1
sin α	-	-	0,71	0,71	0,75	0,29	-	-	-0,70753	-0,7109	-0,75142	-0,29058
α	-	-	45	45,3	48,7	16,9	-	-	-45,0342	-45,308	-48,714	-16,8924
Kr	-	-	-	-	-	-	-	-	0,153203	0,219017	0,777031	-

Tabel 4-7: Perhitungan koefisien shoaling perairan Kecamatan Sayung

z (m)	10	8	6	4	2	0,1
n	-	-	0,4871	0,4194	0,2028	0,9258
Ks	-	-	1,0129	1,089	1,5231	1,1464
H	-	-	0,042	0,0451	0,0631	0,0475

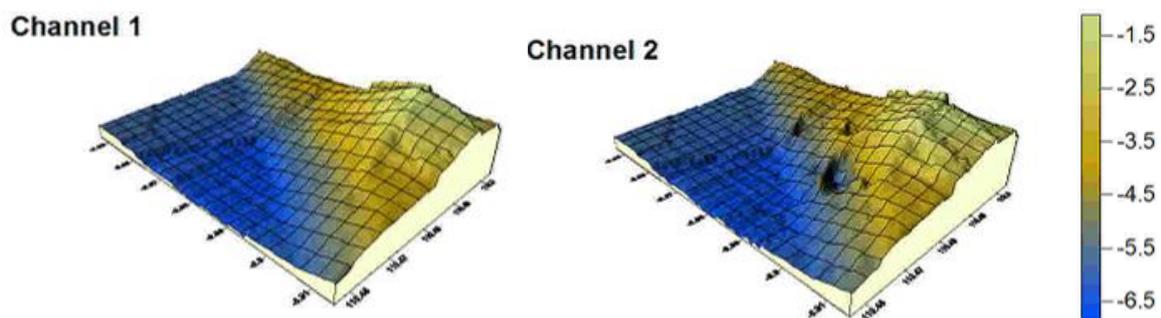
Tabel 4-8: Perhitungan gelombang pecah perairan Kecamatan Sayung

z (m)	10	8	6	4	2	0,1
H'o			0,0414	0,0414	0,0414	0,0414
H'o/gt ²			0,0023	0,0023	0,0023	0,0023

Gelombang yang menjalar dari laut menuju pantai akan melewati daerah kedalaman yang berbeda-beda lalu tiba-tiba menjadi dangkal. Sebagian gelombang akan dipantulkan, diteruskan dan sebagian lain akan hancur (disipasi). Besarnya energi gelombang yang dipantulkan dinyatakan dalam koefisien refleksi. Besarnya koefisien refraksi akan digunakan dalam perhitungan koefisien shoaling selanjutnya untuk menentukan kedalaman gelombang pecah yang menuju pantai. Berdasarkan dari tabel 4-8, diperoleh bahwa gelombang pecah pada nilai 0,04 meter dengan kedalaman 6 meter.

4.5 Kondisi Terkini Sedimentasi Perairan Sayung

Peta 3D pengukuran batimetri lapangan yang diperoleh oleh *channel 1* dan *channel 2*, di analisis untuk mendapatkan volume sedimentasi yang terjadi di Kecamatan Sayung per bulan Maret 2016. Hasil perhitungan volume sedimentasi (Gambar 4-51) menunjukkan penyebaran sedimen tersuspensi terlihat tinggi di daerah dalam teluk. Penyebaran pasang surut sangat mendominasi penyebaran konsentrasi sedimen. Pada saat pasang naik, konsentrasi sedimen di muara akan sangat tinggi. Pada saat surut, konsentrasi sedimen menyebar ke arah laut lepas. Lumpur adalah sedimen kohesif yang sangat mudah terpengaruh oleh salinitas. Jika salinitas tinggi akan terjadi penggumpalan, sehingga pengendapan sedimen akan terjadi.



Gambar 4-50: Gambar 3D batimetri pengukuran di lokasi penelitian bulan Maret 2016

Hasil tumpang susun kedalaman Channel 1 dengan Channel 2 memperoleh nilai ketebalan sedimen saat pengukuran batimetri. Penghitungan volume menggunakan surfer memperoleh tiga hasil berbeda. Volume total sedimen tersaji pada Tabel 4-9.

Tabel 4-9: Perbandingan volume ketebalan sedimen

Persamaan	Volume (m ³)
Trapezoidal Rule	573.922.20
Simpson's Rule	564.886.39
Simpson's 3/8 Rule	587.137.34

Pada Kecamatan Sayung terdapat beberapa sungai yang bermuara pada Kecamatan Sayung tersebut, sungai-sungai membawa padatan tersuspensi dari daratan. Pada saat pasang, pergerakan massa air dari arah laut menuju ke bagian dalam sungai, massa air akan membawa padatan tersuspensi dari arah laut ke dalam sungai. Pada saat pasang, aliran massa air akan membawa padatan tersuspensi yang berasal dari laut akan tertahan oleh pergerakan massa air yang terjadi pada daerah sungai.

Pada saat bulan purnama konsentrasi sedimen terlarut akan lebih tinggi karena terjadi elevasi muka air yang lebih besar dari pada saat surut. Perbedaan elevasi permukaan akan menyebabkan pergerakan massa air dalam jumlah yang besar. Dimana pergerakan massa air akan mempengaruhi konsentrasi sedimen yang terlarut. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Catrin Sudrajat, 2014) yang menyatakan bahwa jumlah sedimen akan meningkat ketika saat surut karena sedimen yang terbawa saat pasang akan mengendap di dasar perairan.

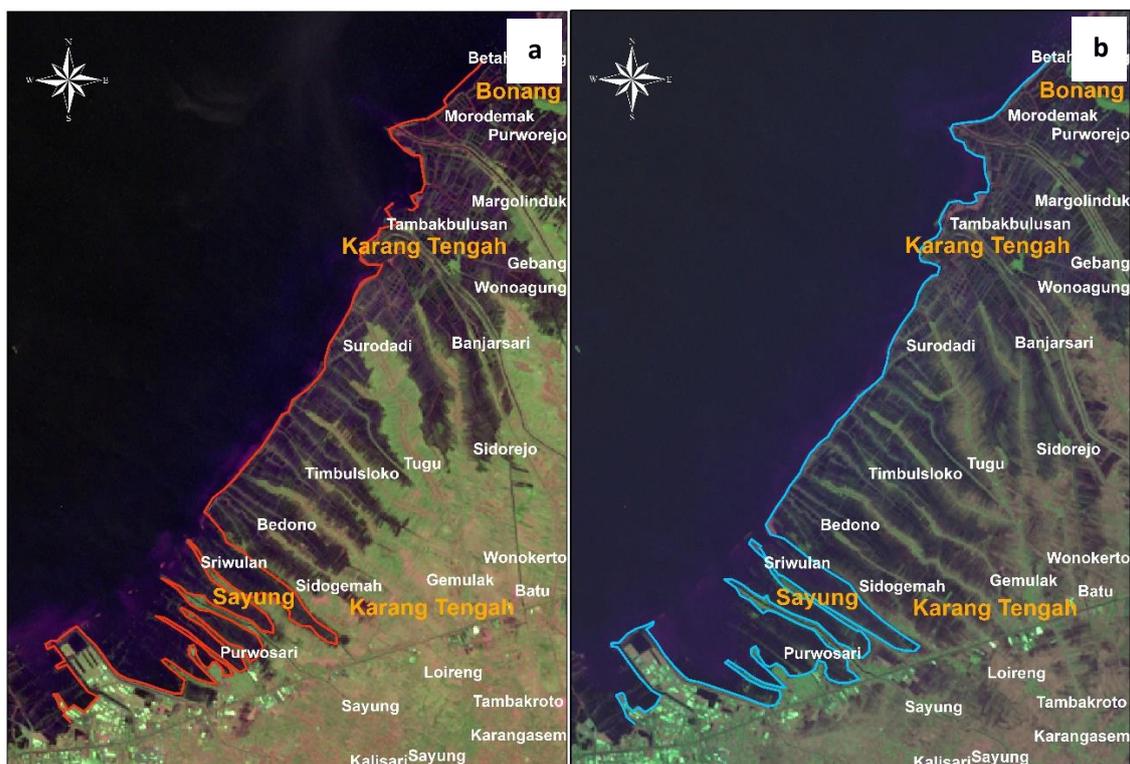
Pada saat surut, pergerakan massa air dari arah sungai menuju ke arah laut, massa air ini akan membawa padatan tersuspensi dari daratan menuju ke arah laut. Pethick (1984) menyebutkan bahwa sedimen pantai berasal dari tiga sumber yaitu erosi sungai, erosi dasar laut dan erosi pantai.

4.6 Perubahan Garis Pantai

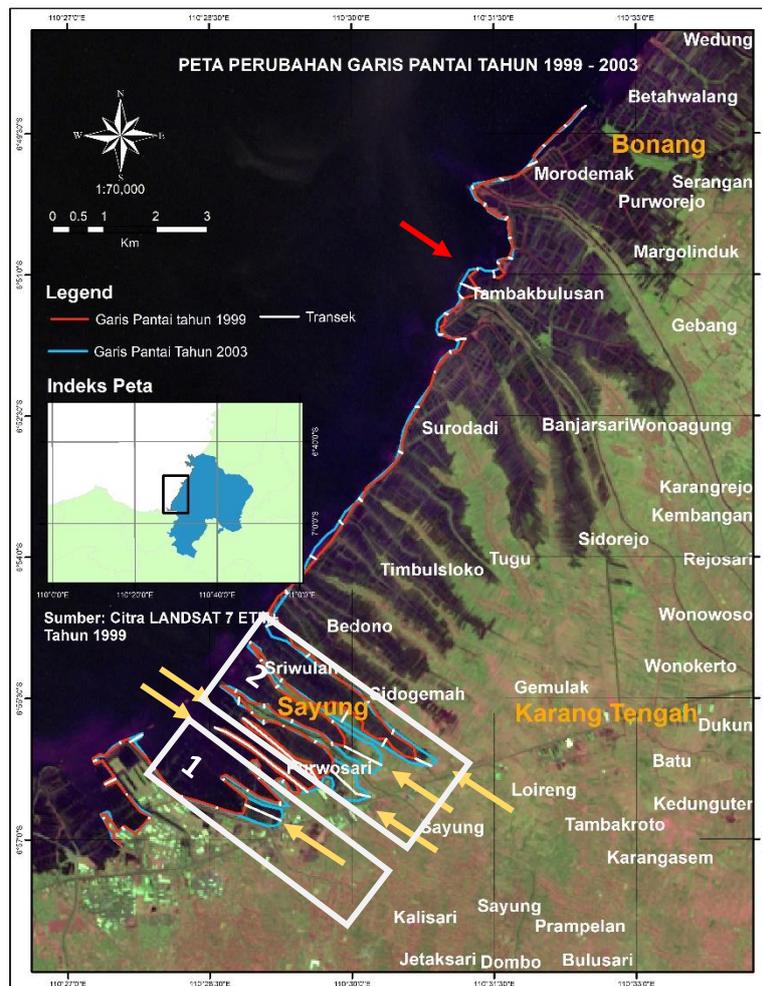
Pada tahapan awal pengolahan, citra yang digunakan harus terlebih dahulu dikoreksi secara radiometrik maupun geometrik. Selanjutnya tahapan berupa komposit *band*, dijitasi garis pantai, dan perhitungan perubahan garis pantai pun dilakukan. Komposit *band* RGB 457 digunakan karena dapat menginterpretasikan garis pantai dan objek-objek yang berada di pesisir dengan sangat baik (Ervita & Marfai, 2017), sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk mendijitasi garis pantai seperti terlihat pada gambar dibawah ini.

4.6.1 Perubahan Garis Pantai Tahun 1999 – 2003

Perubahan garis pantai untuk kurun waktu ini dilakukan dengan membandingkan dua citra LANDSAT 7 ETM+ dengan resolusi spasial sebesar 30 meter. Kedua citra tersebut dapat diunduh secara gratis dari *website* USGS yang kemudian dapat diolah lebih lanjut sesuai kebutuhan.



Gambar 4-51: Garis pantai Kecamatan Sayung pada tahun (a) 1999 dan (b) 2003
 Adanya pergeseran garis pantai selama kurun waktu 4 tahun secara visual dapat diamati dari tumpang susun (*overlay*) kedua garis pantai tersebut (Gambar 4-52). Gambar tersebut juga menunjukkan adanya garis-garis transek yang menghubungkan garis pantai terlama (tahun 1999) dan garis pantai terbaru (tahun 2003) yang akan digunakan untuk menghitung laju perubahan garis pantai untuk setiap jarak tertentu. Laju erosi paling besar (panah kuning) sebesar 187 meter/tahun, 552 meter/tahun, 508,2 meter/tahun, 235,5 meter/tahun, 199,5 meter/tahun, dan 82,7 meter/tahun, berturut-turut terdapat di sekitar Desa Purwosari hingga Desa Sidogemah. Sedangkan laju akresi paling besar yang ditunjukkan oleh panah berwarna merah, sebesar 120 meter/tahun, berada di Desa Tambakbulusan. Secara umum, laju perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah ini dari tahun 1999 – 2003 telah dirangkum dalam Tabel 4-10.



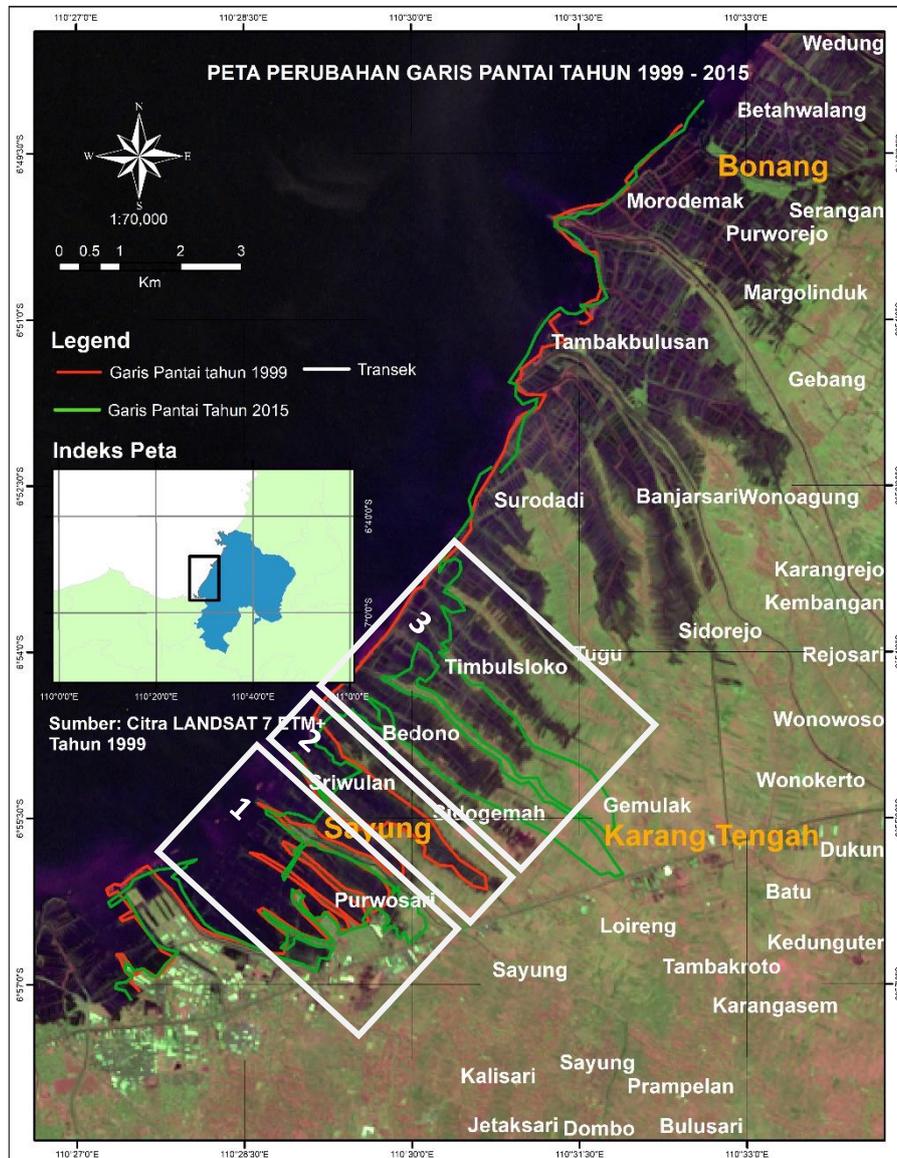
Gambar 4-52: Peta perubahan garis pantai tahun 1999 dan 2003

Tabel 4-10: Laju perubahan garis pantai antara tahun 1999 dan 2003

No.	Laju perubahan (m/tahun)	Keterangan
1	6,83	Abrasi
2	10,85	Abrasi

4.6.2 Perubahan Garis Pantai Tahun 1999 – 2015

Perubahan garis pantai untuk kurun waktu ini dilakukan dengan membandingkan citra LANDSAT 7 ETM+ dan LANDSAT 8 OLI yang dapat diperoleh secara online dan gratis dari *website* USGS yang kemudian dapat diolah lebih lanjut sesuai kebutuhan.



Gambar 4-53: Peta perubahan garis pantai 1999 dan 2015

Tabel 4-11: Laju perubahan garis pantai antara tahun 1999 dan 2015

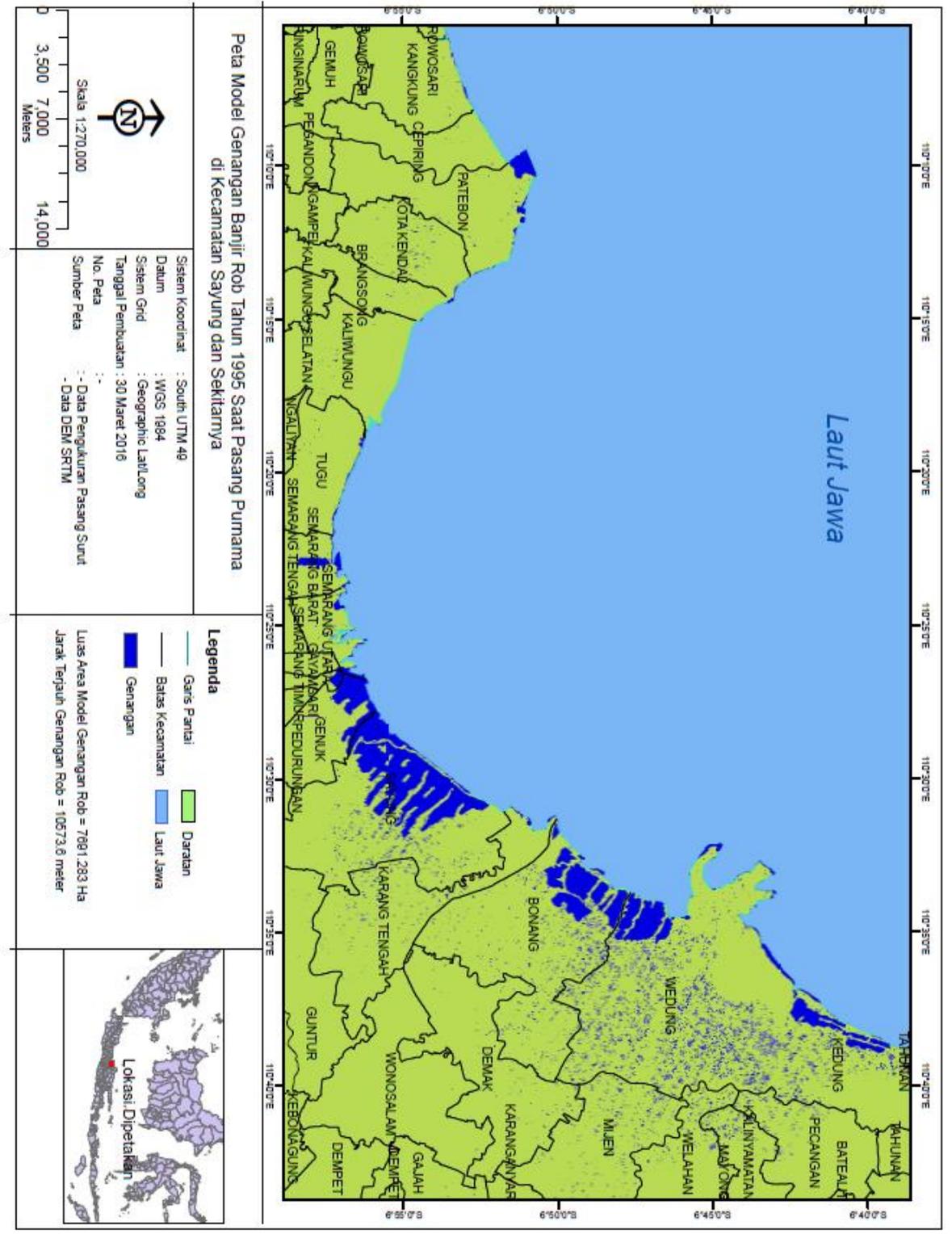
No.	Laju perubahan (m/tahun)	Keterangan
1	42,86	Abrasi
2	57,20	Akresi
3	104,02	Abrasi

Overlay garis pantai tahun 1999 dan tahun 2015 di atas citra satelit *Landsat 7* (tahun 1999) memperlihatkan adanya beberapa lokasi yang mengalami perubahan signifikan selama 16 tahun. Secara umum dari kedua tabel di atas, laju perubahan garis pantai di Kecamatan

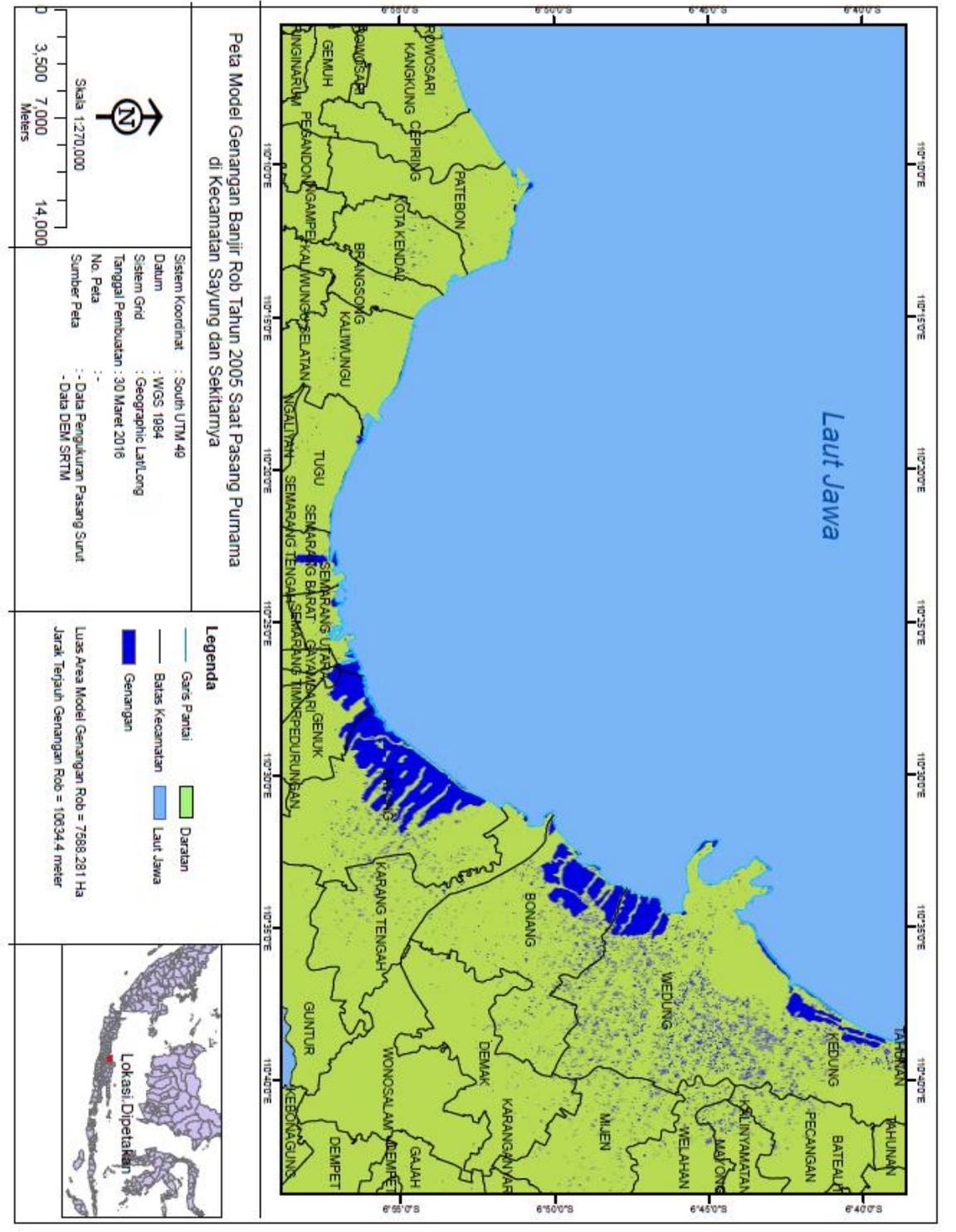
Sayung mengarah kepada fenomena abrasi, dimana garis pantai cenderung semakin mundur dari tahun ke tahun.

Gambar di atas memperlihatkan bahwa sebagian besar garis pantai terus mengalami kemunduran dari tahun ke tahun. Akan tetapi terdapat juga beberapa lokasi yang mengalami akresi seperti terlihat pada lingkaran putih pada peta di atas, dimana kemunduran garis pantai terjadi pada tahun 2003 namun kembali mengalami kemajuan pada tahun 2015. Perubahan-perubahan yang terjadi pada garis pantai ini dapat diakibatkan oleh keadaan alam seperti jenis sediment penyusun dasar perairan; dinamika perairan; iklim dan cuaca dan adanya aktivitas manusia seperti pembukaan lahan, serta eksploitasi sumber daya perairan secara berlebihan.

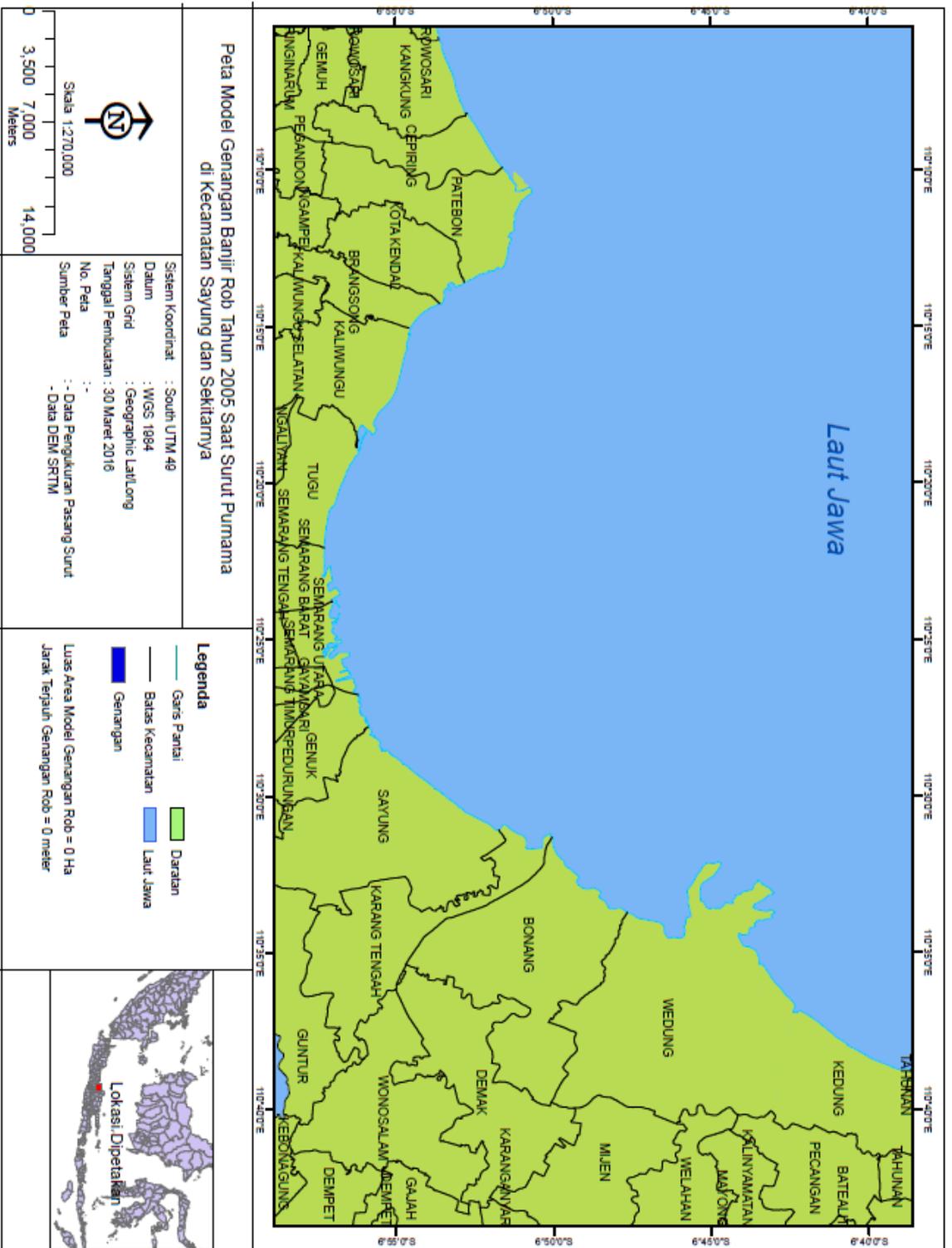
4.7 Banjir Rob



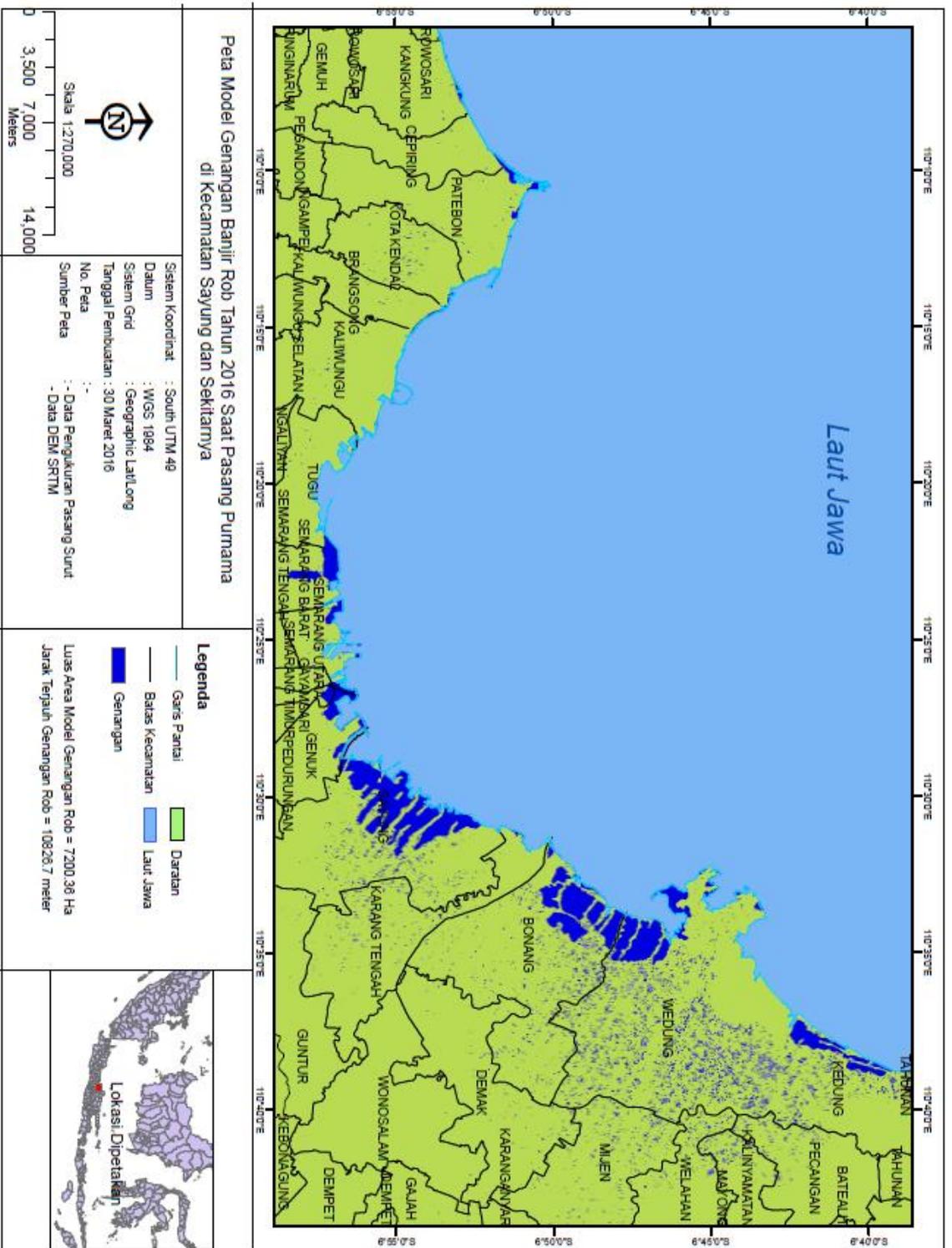
Gambar 4-54: Peta model genangan banjir rob tahun 1995 saat pasang purnama di Kecamatan Sayung dan sekitarnya



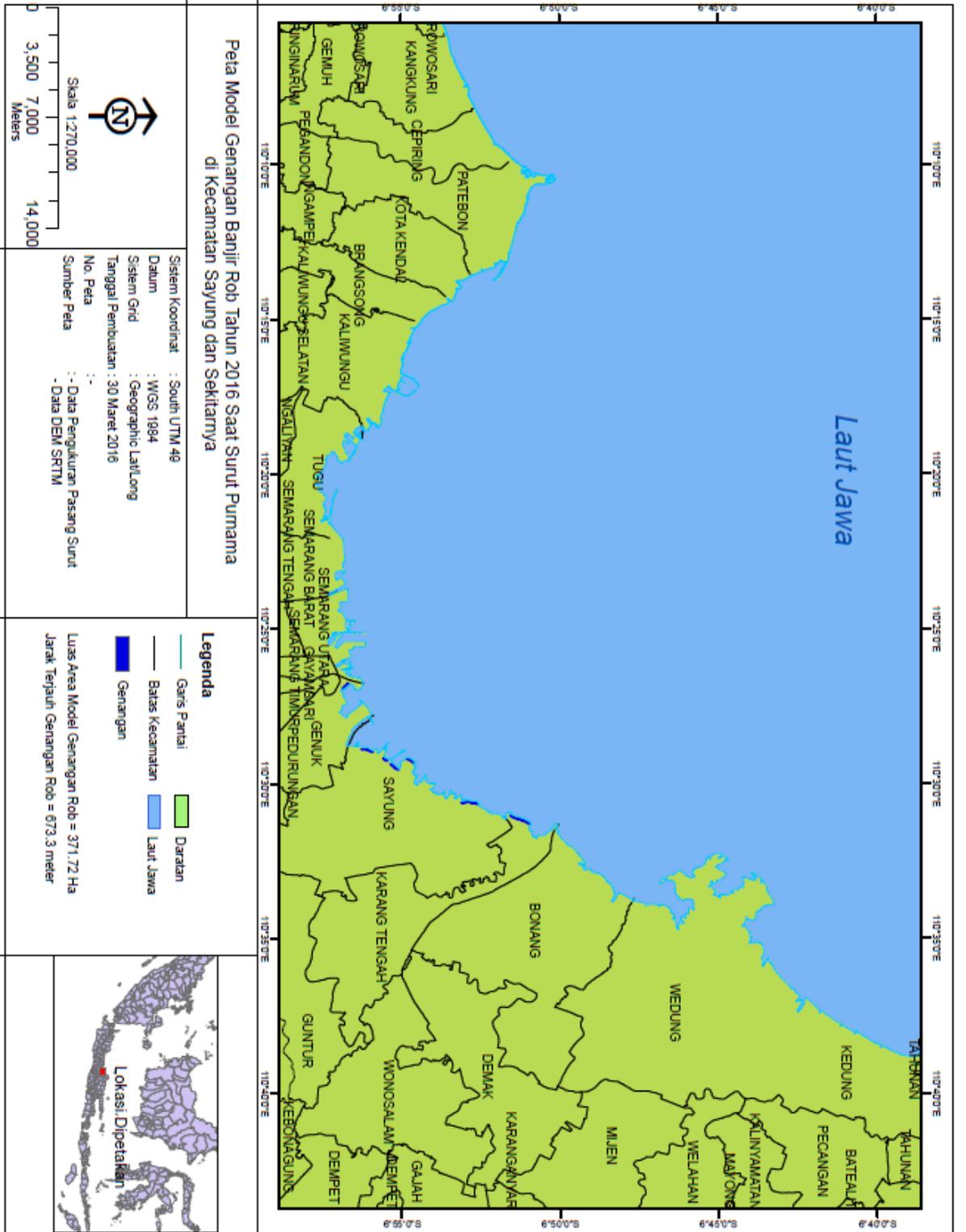
Gambar 4-56: Peta model genangan banjir rob tahun 2005 saat pasang purnama di Kecamatan Sayung dan sekitarnya



Gambar 4-57: Peta model genangan banjir rob tahun 2005 saat surut purnama di Kecamatan Sayung dan sekitarnya



Gambar 4-58: Peta model genangan banjir rob tahun 2016 saat pasang purnama di Kecamatan Sayung dan sekitarnya



Gambar 4-59: Peta model genangan banjir rob tahun 2016 saat surut purnama di Kecamatan Sayung dan sekitarnya

Model genangan rob yang dibuat menggunakan asumsi bahwa selama periode nilai kenaikan muka air laut bersifat konstan. Dari data hasil pengolahan data dapat terlihat bahwa ada perbedaan yang kontras genangan yang terjadi pada saat pasang dan surut di setiap tahunnya. Saat kondisi pasang pada tahun 1995, terlihat luas genangan rob mencapai 7691,28 ha dengan jarak terjauh 10573,6 meter. Untuk 10 tahun berikutnya, pada tahun 2005 terlihat luas genangan rob mengalami penurunan dengan luas genangan rob sebesar

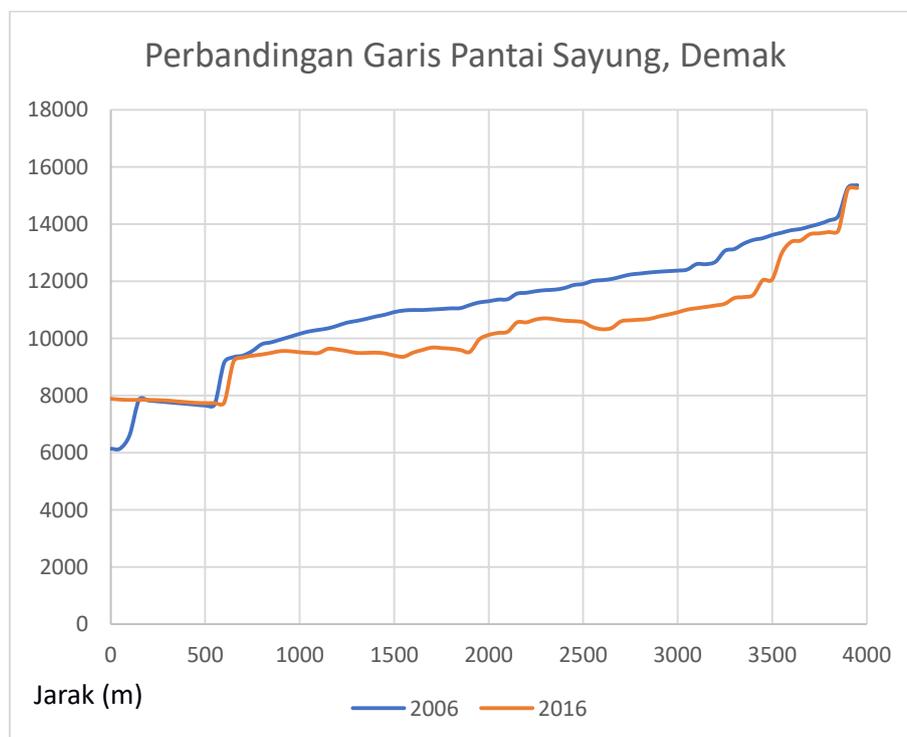
7588,28 ha dan jarak terjauh genangan rob bertambah menjadi 10634,4 meter. Sedangkan 10 tahun berikutnya pada tahun 2015, luas genangan rob mencapai 7200 ha dengan jarak terjauh rob bertambah menjadi 10826,7 meter.

Kenaikan muka air laut yang terjadi setiap tahunnya berbanding terbalik dengan luas genangan yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena dari tahun 1995-2015 juga terjadi perubahan garis pantai. Kenaikan muka air laut yang terjadi secara linier dari tahun ke tahunnya akan berdampak besar dengan lingkungan pesisir jika tidak dilakukan tindakan yang preventif pada proses tata kelola ruang pesisir.

4.8 Strategi Perlindungan Pesisir

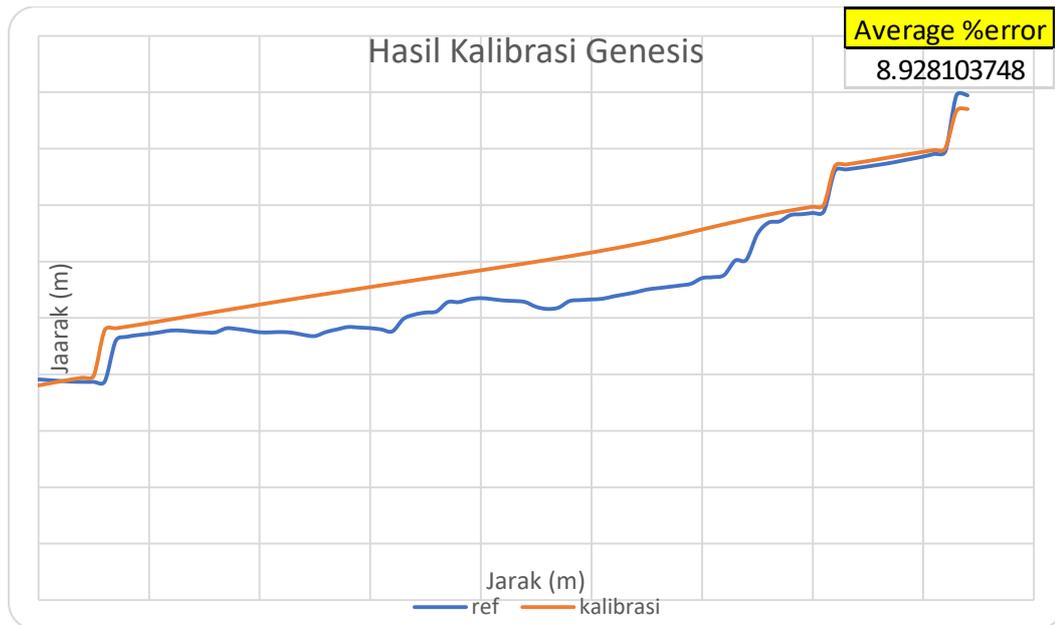
Dalam upaya menanggulangi abrasi dan rob yang terjadi di kawasan pesisir, dilakukan identifikasi terlebih dahulu perubahan garis pantai yang terjadi dalam kurun waktu tertentu. Untuk analisis ini, pengamatan perubahan garis pantai yang terjadi

4.8.1 Perbandingan Garis Pantai



Gambar 4-60: Grafik perbandingan garis Pantai Sayung, Demak Tahun 2006 dan 2016

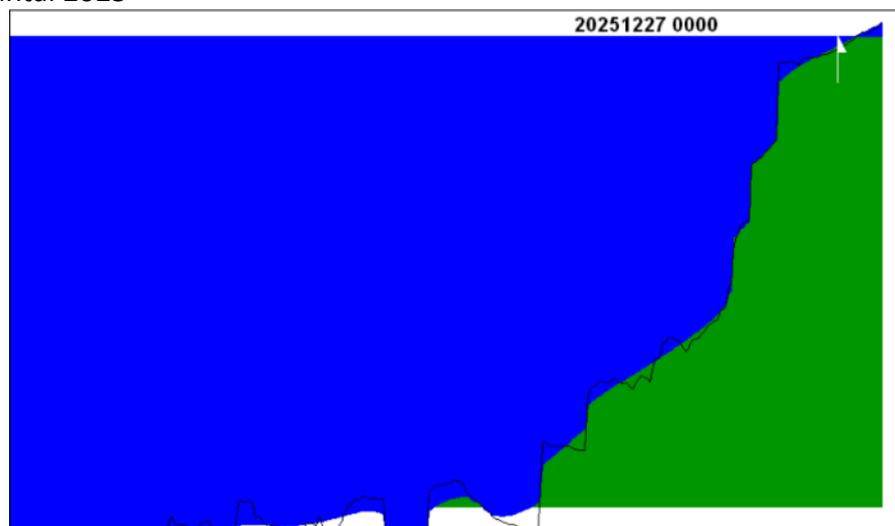
Hasil perubahan garis pantai menunjukkan bahwa garis pantai Kecamatan Sayung telah mengalami perubahan yaitu abrasi dengan mengalami pengurangan garis pantai. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa nilai K1 dan K2 yang paling optimal (% error terkecil) adalah 0,3 dan 0,5 (Ref: garis pantai 2016) dengan lokasi (6,93° - 6,87 S; 110,47° - 110,52° E).



Gambar 4-61: Grafik perbandingan garis pantai hasil kalibrasi GENESIS

4.8.2 Perubahan Garis Pantai Tanpa Struktur Pelindung

Berikut adalah hasil pemodelan garis pantai Kemacetan Sayung 10 tahun kedepan dengan skenario tanpa ada struktur pelindung pantai. Garis hitam adalah pantai 2016 dan garis hijau menunjukkan pantai 2025



Gambar 4-62: Perbandingan hasil pemodelan garis pantai 2016 dan 2025

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa dengan kondisi tanpa adanya bangunan pelindung pantai akan mengakibatkan perubahan garis pantai berupa abrasi dan akresi. Desa bagian utara yaitu Desa Surodadi akan mengalami abrasi.

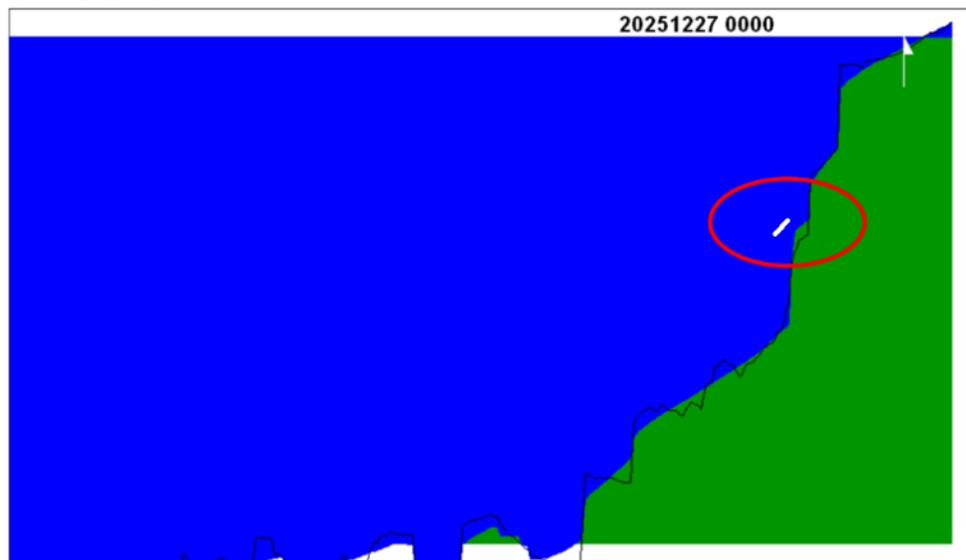
4.8.3 Perubahan Garis Pantai Dengan Struktur Pelindung

Pemodelan dengan menggunakan bangunan pelindung pantai dilakukan sebanyak 3 skenario. Masing-masing kondisi di tiap skenario berbeda-beda untuk posisi, dimensi dan jumlah strukturnya.

4.8.3.1 Perubahan Garis Pantai Dengan Struktur Pelindung

Berikut adalah pemodelan dengan 3 skenario berbeda dan 3 contoh garis pantai 2025 akibat pemasangan *Detached Breakwater* pada 2016.

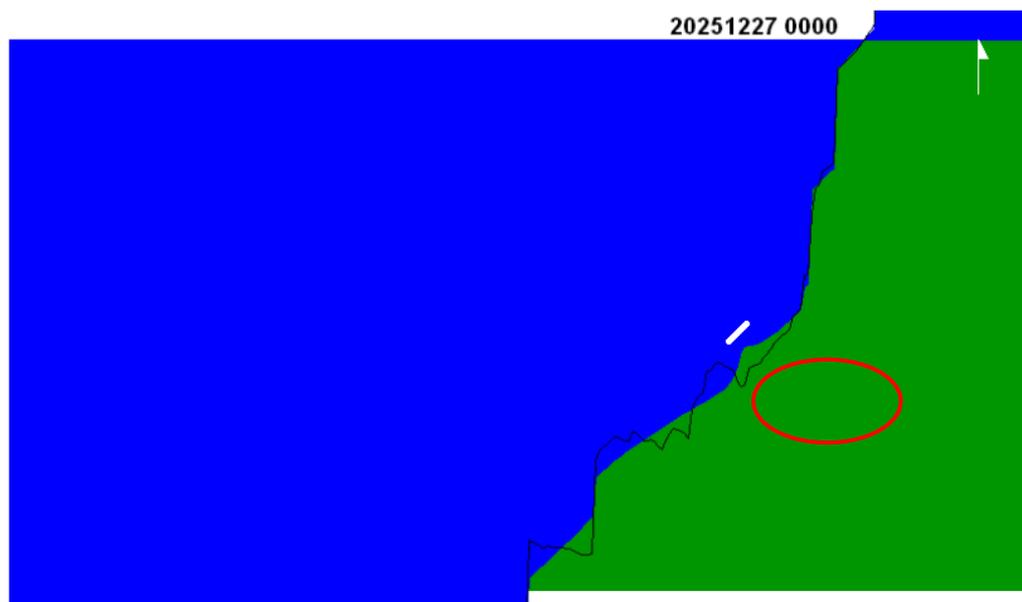
1) Alternatif Pertama



Gambar 4-63: Contoh pemodelan *breakwater* 1

Hasil akhir menunjukkan bahwa akan terjadi perubahan signifikan di bagian utara perairan Kecamatan Sayung. Terjadi akresi di depan struktur pelindung tetapi akan terjadi abrasi di ujung daerah pesisir. Sedangkan untuk daerah lain akan mengalami akresi dan abrasi dengan luasan yang berbeda-beda.

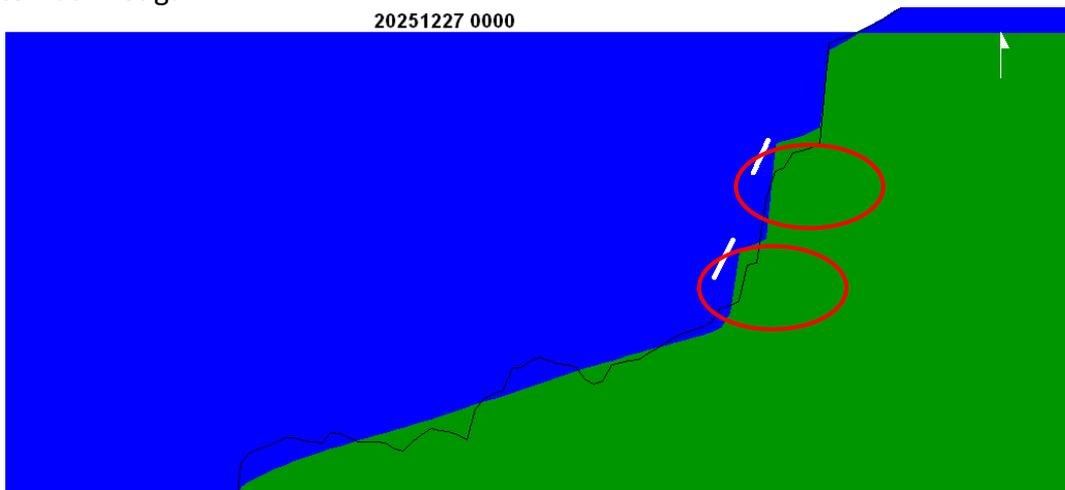
2) Alternatif Kedua



Gambar 4-64: Contoh pemodelan *breakwater* 2

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa struktur pelindung pantai hanya efektif untuk kawasan pesisir yang berada di depan struktur. Terjadi penambahan daratan di depan struktur tetapi bagian lain akan mengalami abrasi.

3) Alternatif Ketiga



Gambar 4-65: Contoh pemodelan *breakwater* 3

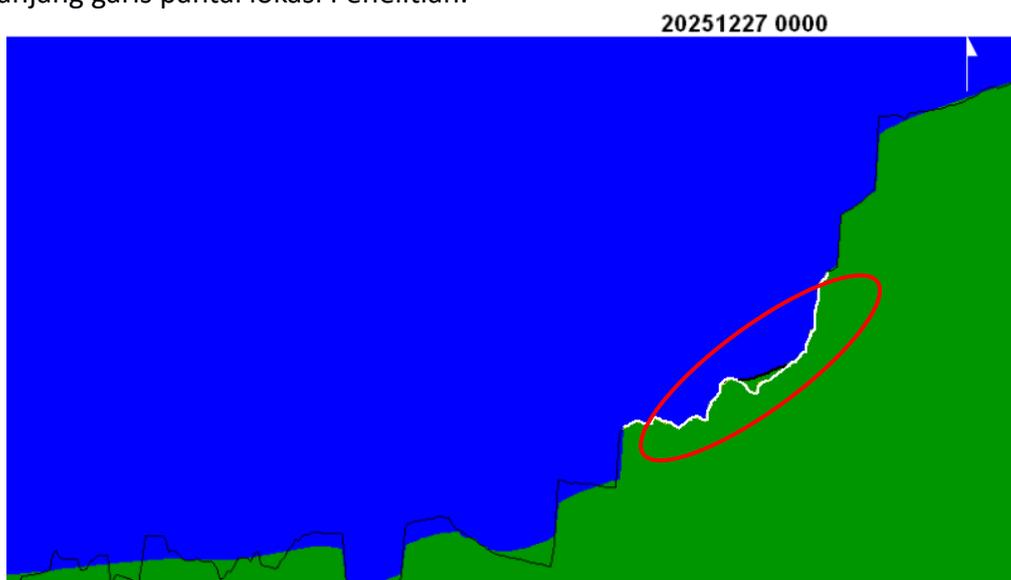
Skenario menggunakan 2 buah bangunan pelindung pantai akan efektif untuk melindungi dan menambah sedimen di kawasan yang berada tepat di depan struktur. Untuk di kawasan pesisir lainnya terlihat adanya penambahan dan pengurangan daratan yang bervariasi.

4.8.3.2 Seawall

Berikut ini adalah 2 contoh alternatif perlindungan pantai menggunakan metode *seawall* dengan posisi dan dimensi yang berbeda. Struktur ini dipasang tepat di daratan dengan tujuan untuk meredam energi gelombang yang datang ke arah pantai.

1) Alternatif Pertama

Contoh perubahan garis pantai 2025 akibat pemasangan *seawalls* pada tahun 2016 di sepanjang garis pantai lokasi Penelitian.

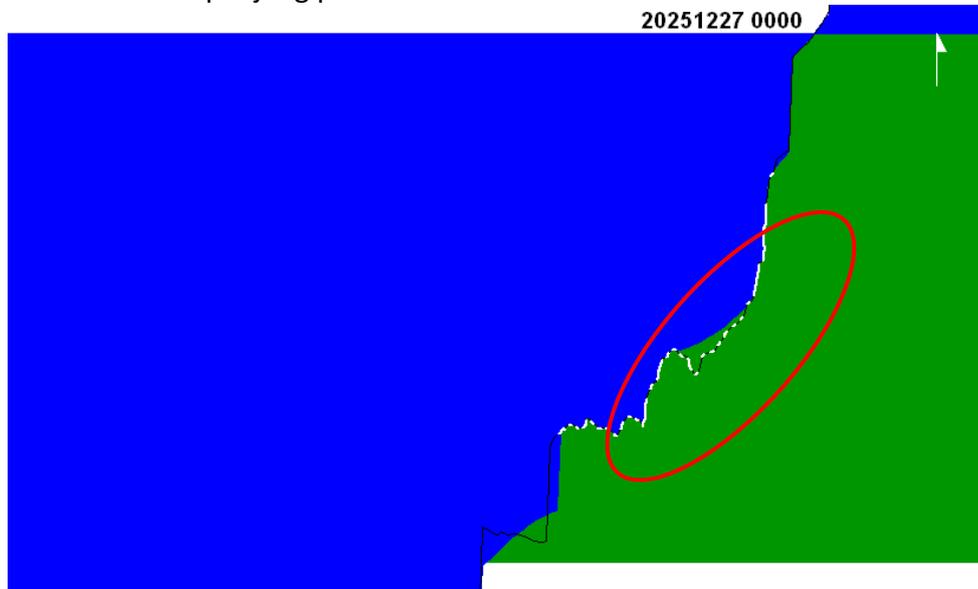


Gambar 4-66: Contoh pemodelan *seawalls* 1

Hasil pemodelan dengan menggunakan *seawall* di Kecamatan Sayung terlihat bahwa kondisi kawasan pesisir terlindungi dari proses abrasi hingga tahun 2025, selain itu terlihat adanya juga penambahan daratan di Desa Timbulsloko.

2) Alternatif kedua

Contoh perubahan garis pantai 2025 akibat pemasangan beberapa *seawalls* yang terpisah pada tahun 2016 di sepanjang pantai lokasi Penelitian.



Gambar 4-67: Contoh pemodelan *seawalls* 2

Hasil pemodelan untuk pemasangan *seawall* yang terpisah menunjukkan hasil yang relatif sama bila dibandingkan dengan menggunakan *seawall* yang menyatu. Terlihat juga adanya penambahan sedimen di Desa Timbulsloko dan efektif untuk mengurangi abrasi di bagian kawasan pesisir lainnya di Kecamatan Sayung.

4.8.4 Rekomendasi Pemodelan Struktur Pelindung Pantai

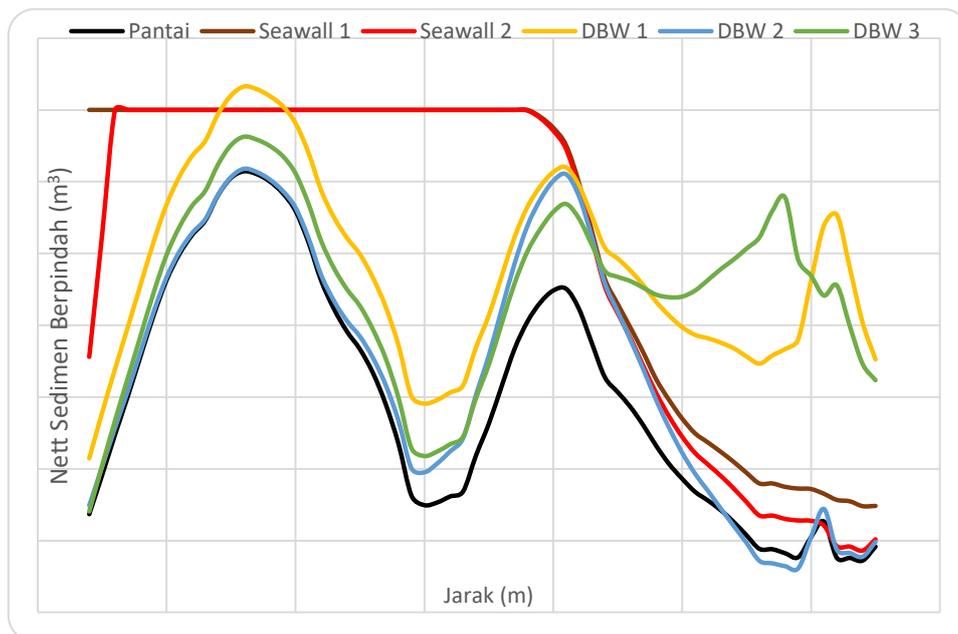
Dari tiga contoh pemodelan detached breakwater dapat dilihat bahwa hasil sedimentasi akibat adanya struktur tidak memuaskan. Setelah 10 tahun, breakwater hanya menghasilkan sedimentasi ± 100 m dari garis pantai awal. Mengingat kondisi ekonomi dan lingkungan lokasi Penelitian yang butuh penanganan segera mungkin, alternatif *detached breakwater* bukan penanganan terbaik yang dapat dilakukan.

Dari contoh pemodelan yang dilakukan dapat dilihat bahwa pembangunan *seawall* disepanjang garis pantai lokasi Penelitian mengatasi masalah abrasi yang terjadi tetapi tidak memberikan sedimentasi (kecuali pada garis pantai yang menjorok ke daratan). Kedua contoh memberikan hasil yang hampir sama walaupun pada contoh kedua hanya dibangun beberapa *seawall* kecil yang saling berdekatan (jarak antar *seawall* 100 m). Garis pantai pada contoh kedua tidak mundur karena dihipit oleh dua *seawall*, tapi ketika sampai diujung kiri pantai dan tidak ada lagi *seawall* yang dibangun abrasi terjadi kembali.

Walaupun contoh kedua terlihat lebih hemat dan efisien, proses pembangunannya akan lebih susah dibandingkan contoh pertama. Selain itu GENESIS tidak dapat memodelkan kondisi ekstrim seperti banjir dan badai, padahal ini akan mempengaruhi garis pantai yang

tidak dilindungi *seawall* pada contoh kedua. Selain itu hasil average transpor sedimen contoh kedua lebih banyak menunjukkan nilai negatif (terjadi abrasi) dibandingkan dengan contoh pertama. Oleh karena itu dari kedua contoh lebih baik digunakan contoh pertama (letak peta 6,93° - 6,87 S, 110,47° - 110,52° E).

Dari kedua macam struktur yang dimodelkan, pembangunan *seawall* adalah alternatif yang lebih tepat dalam menangani abrasi yang terjadi di lokasi penelitian. Hasil pemodelan menunjukkan *seawall* dapat mencegah abrasi lebih lanjut di lokasi Penelitian walaupun tidak menyebabkan sedimentasi (kecuali pada garis pantai yang menjorok ke daratan). Dari gambar 4-75 dapat dilihat bahwa transpor sedimen rata-rata bangunan *seawall* bernilai 0 sedangkan *detached breakwater* negatif. Selain itu diketahui dari hasil penelitian jenis tanah di lokasi bahwa jenis tanahnya sebagian besar adalah lempung (*clay*). Tanah lempung memiliki sifat kohesif, yaitu sifat tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir-butirnya. Hal ini akan menyebabkan daerah pantai yang tidak dilindungi breakwater akan mengalami abrasi yang lebih besar akibat adanya sedimentasi di daerah yang dilindungi breakwater. Dengan begitu jika akan digunakan *detached breakwater*, struktur perlu dibangun sepanjang lokasi abrasi sampai tanahnya tidak bersifat kohesif. Oleh karena itu lebih baik digunakan *seawall* untuk menangani abrasi tanpa mengembalikan lahan yang telah hilang. Jika diinginkan alternatif yang dapat menghasilkan sedimen (lahan yang sudah tenggelam dapat kembali), penulis menyarankan untuk melakukan reklamasi.



Gambar 4-68: Transpor sedimen rata-rata bangunan pelindung

Secara garis besar, ada dua macam alternatif yang dapat dilakukan yaitu penanganan abrasi tanpa atau disertai pengembalian lahan yang hilang. Penanganan abrasi tanpa pengembalian lahan yang hilang dilakukan dengan membangun *seawall* sepanjang garis pantai daerah abrasi disertai dengan penanaman hutan *mangrove* sejajar *seawall* agar pertahanan terhadap abrasi jadi lebih kuat. Sedangkan, penanganan abrasi yang disertai pengembalian lahan yang hilang dilaksanakan dengan melakukan reklamasi di daerah yang hilang akibat abrasi. Reklamasi dilakukan dari darat menggunakan pasir kering (pasir dari darat) untuk meminimalisir gangguan terhadap ekosistem laut dan penduduk di daerah sekitar proyek.

Selama reklamasi, warga yang bertempat tinggal di area proyek harus direlokasikan dan diberikan lahan pekerjaan. Relokasi dilakukan untuk mempermudah pengerjaan reklamasi serta memberikan kenyamanan bagi warga korban abrasi. Setelah reklamasi selesai, pembangunan *seawall* dan penanaman mangrove di garis pantai yang baru untuk mencegah abrasi terjadi kembali diperlukan.

4.9 Survei Geologi

Pemetaan Geologi dilakukan bersama 3 (tiga) ahli geologi. Pemetaan dilakukan dengan cara tracking menggunakan GPS, kemudian plotting lokasi (*Stopsite*), mencatat kondisi fisik geologi sekitar, mengukur besar butir, dan mendeskripsikan karakteristik litologi yang ada.

Lokasi pertama berada di Desa Sriwulan, Kecamatan Sayung, Demak. *Stopsite* ini berada ± 1700 meter ke arah Barat Laut dari Jalan utama Semarang-Demak. Kondisi lingkungan sekitar sudah tergenang Air Rob dan sudah cukup ditumbuhi oleh *Mangrove*. Material litologi penyusun lokasi ini terdiri atas Soil, Lempung, dan endapan pasir laut beserta cangkang (organik). *Stopsite* ini merupakan daratan terakhir di Desa Sriwulan.



Gambar 4-69: Foto pengamatan *stopsite* DM.0,1

Lokasi kedua berada di Desa Sriwulan, Kecamatan Sayung, Demak. *Stopsite* ini berada ± 150 meter ke arah selatan, dari lokasi sebelumnya. Material litologi penyusun lokasi ini terdiri atas lumpur laut beroksida besi berwarna abu gelap, serta terdapat material organik.



Gambar 4-70: Foto pengamatan *stopsite* DM.0,2

Lokasi ketiga berada di Sungai Babon, Desa Sriwulan, Kecamatan Sayung, Demak. *Stopsite* ini berada ± 750 meter ke arah utara, dari utalan utama Semarang-Demak. Terdapat material soil, dan sebagian besar berupa endapan sungai.



Gambar 4-71: Foto pengamatan *stopsite* DM.0,3

Lokasi keempat berada di Sungai Babon, Desa Sriwulan, Kecamatan Sayung, Demak. *Stopsite* ini berada ± 200 meter ke arah utara, dari *stopsite* DM.0,3 dan terdapat material alluvial.



Gambar 4-72: Foto pengamatan *stopsite* DM.0,4

Lokasi kelima berada di Sungai Babon, Desa Sriwulan, Kecamatan Sayung, Demak. *Stopsite* ini berada ± 100 meter ke arah utara, dari Jalan utama Semarang-Demak. Terdapat material alluvial dan dijadikan titik pengambilan data *coring*.



Gambar 4-73: Foto pengamatan *stopsite* DM.0,5

Lokasi keenam berada di belakang SD Kanisius, Perum Raden Patah, Desa Sriwulan, Kec. Sayung, Demak. Seluruh kawasan sudah tergenang oleh Air Rob. Material penyusunnya hanya timbunan/urukan (sudah tidak terlihat kenampakan material alami). *Stopsite* ini merupakan daratan terakhir, di Desa Sriwulan.



Gambar 4-74: Foto pengamatan *stopsite* DM.0,6

Lokasi ketujuh berada di ujung timur Desa Sriwulan. Seluruh kawasan sudah tergenang oleh air rob. Material penyusunnya hanya timbunan/urukan (tidak terlihat material alami).



Gambar 4-75: Foto pengamatan *stopsite* DM.0,7

Lokasi kedelapan berada di Dukuh Onggorawe, Desa Surodadi, Kecamatan Sayung, Demak. *Stopsite* ini berada ± 700 meter ke arah Utara dari Jalan utama Semarang-Demak. Material litologi penyusun lokasi terdiri atas material alluvial di sepanjang Sungai Norjo.



Gambar 4-76: Foto pengamatan *stopsite* DM.0,8

Lokasi kesembilan berada di Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Demak. *Stopsite* ini berada ± 1000 meter ke arah Barat dari SMA 1 Sayung, Demak. Daerah sekitar sudah digenangi rob, dan terdapat vegetasi *mangrove*. Material litologi penyusun lokasi ini terdiri atas material Alluvial, lempung, dan cangkang molusca.



Gambar 4-77: Foto pengamatan *Stopsite* DM.0,9

Lokasi kesepuluh berada di ujung barat Desa Timbulsloko ± 500 meter dari kantor kelurahan. Terdapat budidaya *mangrove*, dan material penyusunnya timbunan/urukan (tidak terlihat kenampakan material alami).



Gambar 4-78: Foto pengamatan *stopsite* DM.10

Lokasi kesebelas berada di utara Desa Timbulsloko ± 300 meter dari kantor kelurahan, tepatnya berada di Sungai Norjo Hilir. *Stopsite* ini cocok untuk dijadikan tempat pengambilan data Sediment trap, dan *coring sediment*. Material penyusun daerah sekitar disusun oleh dominansi lempung.



Gambar 4-79: Foto pengamatan *stopsite* DM.11

Lokasi kedua belas berada di selatan desa Timbulsloko ± 300 meter dari kantor kelurahan, tepatnya berada di Sungai Borja. Material penyusun daerah sekitar disusun oleh dominansi lempung. *Stopsite* ini masuk kedalam zona *tidal channel*.



Gambar 4-80: Foto pengamatan *stopsite* DM.12

Lokasi ketiga belas berada di selatan Desa Timbulsloko ±300 meter dari *Stopsite* sebelumnya. *Stopsite* ini merupakan daratan terakhir. Terdapat budidaya *mangrove*, dan material penyusunnya timbunan/urukan (tidak terlihat kenampakan material alami).



Gambar 4-81: Foto pengamatan *stopsite* DM.13

Lokasi keempat belas berada di Desa Bedono, Kecamatan Sayung, Demak. *Stopsite* merupakan daratan terakhir. Material utama litologi penyusun sudah tidak terlihat alami, karena sudah ditimbun. Daerah sekitar ditumbuhi oleh *mangrove* (sedikit)



Gambar 4-82: Foto pengamatan *stopsite* DM.14

Lokasi kelima belas berada di Loka Wisata *Mangrove* Morosari. Di *Stopsite* ini terdapat banyak HE. Material yang ada di lokasi hanya material timbunan dan hutan *mangrove*. *Stopsite* ini merupakan daratan terakhir di Desa Bedono.



Gambar 4-83: Foto pengamatan *stopsite* DM.15

Lokasi keenam belas berada di Desa Bedono, Kecamatan Sayung, Demak. Terdapat jalan dan jembatan terputus, sehingga akses terganggu. Material utama litologi penyusun sudah tidak terlihat alami, karena sudah ditimbun. Daerah sekitar ditumbuhi oleh *mangrove* (sedikit)



Gambar 4-84: Foto pengamatan *stopsite* DM.16

Lokasi ketujuh belas berada di Dukuh Pandansari, Desa Bedono, Kecamatan Sayung, Demak. Hampir seluruh pemukiman terendam rob. Material penyusun terdiri atas material timbunan dan alluvial.



Gambar 4-85: Foto pengamatan *stopsite* DM.17

Lokasi kedelapan belas berada di tepi Sungai Sayung, Demak. *Stopsite* ini cocok untuk dijadikan tempat pengambilan data *sediment trap*, dan *coring sediment*. Material penyusun terdiri atas material timbunan, endapan sungai, dan alluvial.



Gambar 4-86: Foto pengamatan *stopsite* DM.18

Lokasi kesembilan belas berada di tepi Sungai Badong, Desa Sidogemah. Material penyusun terdiri atas material timbunan, endapan sungai, soil, lempung dan alluvial.



Gambar 4-87: Foto pengamatan *stopsite* DM.19

Lokasi kedua puluh berada ± 800 meter ke arah Barat Laut dari *stopsite* DM.19. Lokasi ini merupakan daratan terakhir. Material penyusun daerah sekitar disusun oleh dominansi yang berasal dari laut (*tidal zone*) dan banyak cangkang molusca.



Gambar 4-88: Foto pengamatan *stopsite* DM.20

Lokasi ke dua puluh satu ini merupakan daratan terakhir di Desa Surodadi, Kecamatan Sayung, Demak. Material penyusun daerah sekitar disusun oleh dominansi yang berasal dari

laut (*tidal zone*), lempung, dan cangkang molusca. Sebagian besar sudah ditumbuhi oleh *mangrove*.



Gambar 4-89: Foto pengamatan *stopsite* DM.21

Lokasi kedua puluh dua berada di Sungai Baru, Desa Surodadi. *Stopsite* ini cocok untuk dijadikan tempat pengambilan data *sediment trap*, dan *coring sediment*. Material penyusun daerah sekitar disusun oleh dominansi lempung, endapan sungai, soil, dan material timbunan.



Gambar 4-90: Foto pengamatan *stopsite* DM.22

Lokasi kedua puluh tiga berada di jalan penghubung Desa Surodadi, dan Desa Timbulsloko. Material penyusun daerah sekitar disusun oleh lempung, soil, dan alluvial. *Stopsite* ini sangat banyak ditumbuhi vegetasi *mangrove*.



Gambar 4-91: Foto pengamatan *stopsite* DM.23

Lokasi kedua puluh empat berada Dukuh Ndelug, Kelurahan Surodadi, perbatasan dengan Desa Timbulsloko. Pemukiman seluruhnya terendam oleh rob.



Gambar 4-92: Foto pengamatan *stopsite* DM.24

Morfologi daerah Kecamatan Sayung dan sekitarnya, berdasarkan pada pengamatan peta kontur, citra *Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)* dan pengamatan langsung di lapangan adalah berupa bentang alam yang dikontrol oleh endapan alluvial. Litologi penyusun dari daerah pengamatan didominasi oleh sedimentasi lanau hingga lempung.

4.9.1 Analisis Morfodinamika Daerah Pesisir Berdasarkan Sedimentologi

4.9.1.1 Geomorfologi Daerah Penelitian

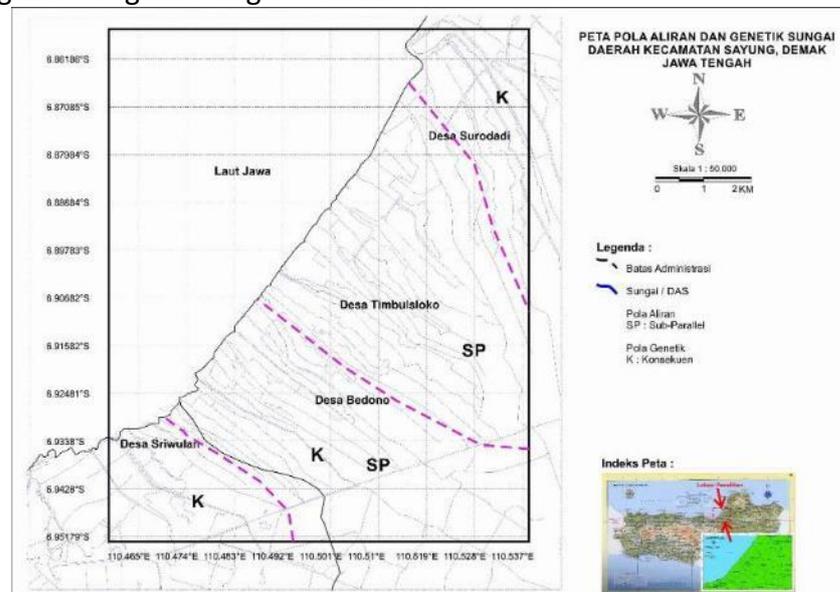
Berdasarkan pengamatan di lapangan daerah penelitian tersusun dari morfologi pesisir pantai yang memiliki kemiringan dataran yang cukup landai sekitar $0-1^{\circ}$. Material penyusunnya berupa soil, lempung, lanau hingga pasir halus yang merupakan endapan sungai yang tertransportasi sampai laut.



Gambar 4-93: Kenampakan morfologi pesisir daerah penelitian

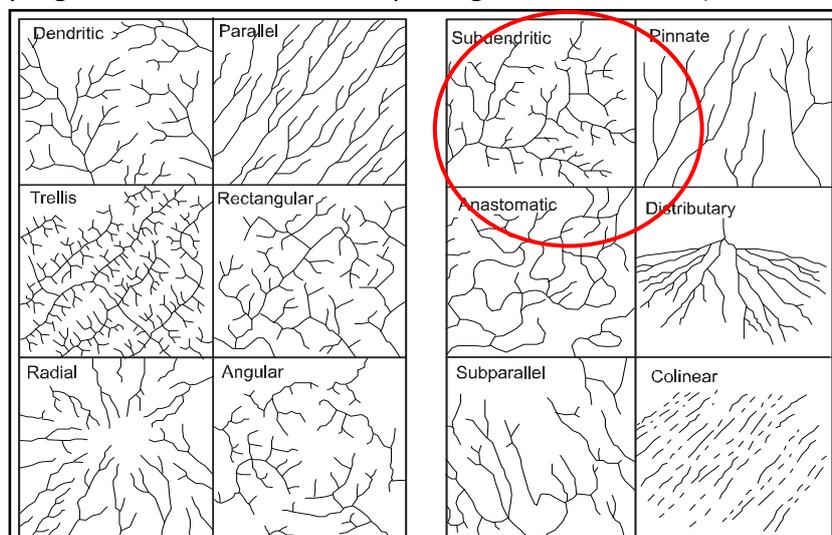
4.9.1.2 Pola Aliran dan Pola Genetik Sungai

Sungai-sungai yang terdapat pada daerah penelitian didominasi oleh pola aliran sub-paralel. Pola aliran ini menunjukkan daerah penelitian secara horizontal terdiri dari endapan-endapan sedimen butir halus hingga butir kasar. Menurut klasifikasi Davis (1902), pola genetik sungai pada daerah penelitian termasuk dalam pola genetik konsekuen yaitu pola aliran yang mengikuti morfologi kemiringan lereng tersebut.



Gambar 4-94: Peta pola aliran dan pola genetik sungai daerah penelitian

Pada daerah penelitian, terdapat beberapa sungai dewasa hingga tua. Tahapan geomorfik dewasa dicirikan dengan bentuk sungai “U” dan teras sungai yang besar, berarus tenang pada permukaan yang relatif datar selain itu erosi lateral mulai bekerja, sedimentasi dan erosi terjadi serta memperlihatkan kelokan-kelokan dengan sudut besar. Sungai-sungai di daerah penelitian memiliki pola aliran sub-paralel. Pola ini merupakan pola aliran dengan keadaan morfologi relatif datar. Sedangkan secara regional, daerah aliran memiliki kemiringan *landai*, jenis pola pengaliran membentuk percabangan menyebar seperti pohon (Howard, 1967). Selain pola aliran sub-paralel, di daerah penelitian berkembang juga sungai-sungai yang terbentuk oleh aktivitas pasang surut atau *tidal (River Tidal)*.



Gambar 4-95: Jenis pola aliran sungai pada daerah penelitian

Tipe genetik sungai di daerah penelitian yaitu subsekuen yang arah alirannya mengikuti morfologi. Berdasarkan atas definisi tersebut, pola sungai pada daerah penelitian lebih dikontrol oleh arah arus sedimentasi alluvial dari selatan menuju utara.



Gambar 4-96: Penampakan Sungai Babon

4.9.1.3 Tahapan Geomorfik

Secara keseluruhan sungai di daerah penelitian memiliki tahapan erosi dewasa-tua. Erosi yang mendominasi yang dicirikan oleh lembah sungai yang berbentuk "U" dan berkelok-kelok yang disebabkan oleh erosi lateral yang intensif.



Gambar 4-97: Penampakan lembah sungai berbentuk "U"

4.9.1.4 Satuan Geomorfologi

Berdasarkan Klasifikasi Budi Brahmantyo dan Bandono (2006), didasarkan tipe genetik/proses, faktor penyebab bentuk morfologi dan lokasi geografis daerah penelitian maka satuan geomorfologi dibagi menjadi 2 satuan geomorfologi yaitu :

4.10 Endapan Dataran Alluvial Timbulsloko

Satuan ini menempati 20% luas daerah penelitian. Pada peta geomorfologi satuan ini diberi warna abu-abu terang. Berada pada elevasi \pm 5-10 mdpl. Merupakan daerah limpahan banjir dekat dengan bantaran sungai. Tahapan geomorfik nya dicirikan dengan bentuk lembah sungai "U", erosi lateral dan arah aliran berkelok. Proses eksogen berupa erosi dan akumulasi endapan sungai.



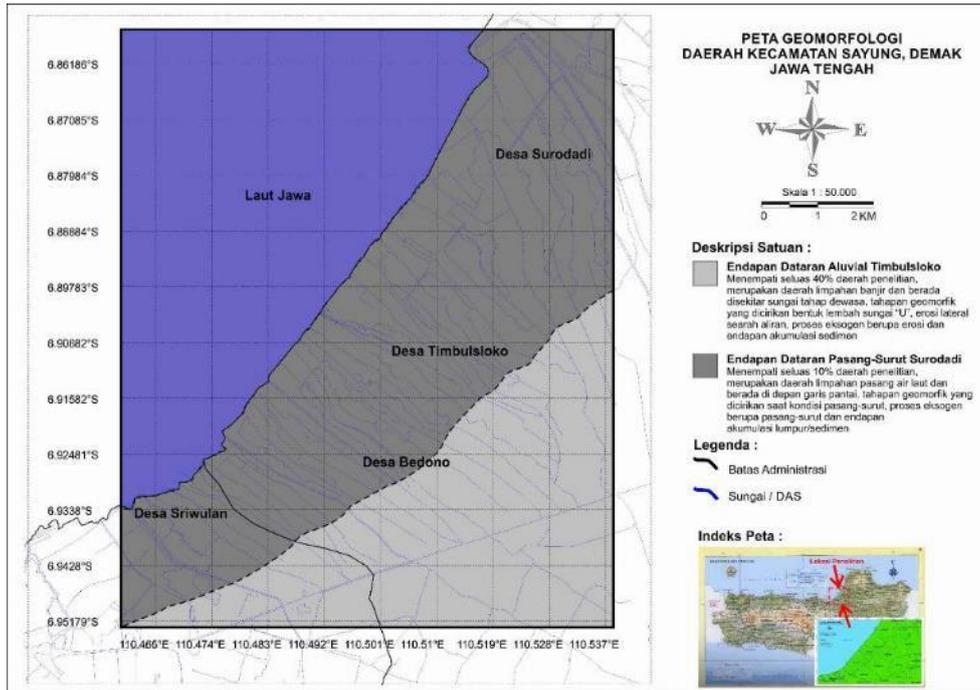
Gambar 4-98: Kenampakan endapan alluvial

4.11 Endapan Dataran Pasang Surut Surodadi

Satuan ini menempati 30% luas daerah penelitian. Pada peta geomorfologi satuan ini diberi warna abu-abu gelap. Berada pada elevasi \pm 1-5 mdpl. Merupakan daerah limpahan air pasang-surut laut/banjir rob. Tahapan geomorfik nya dicirikan dengan bentukan pantai berlumpur. Proses eksogen berupa abrasi dan akumulasi endapan laut.



Gambar 4-99: Penampakan endapan pantai



Gambar 4-100: Peta geomorfologi daerah penelitian

4.11.1 Stratifikasi Daerah

Berdasarkan hasil dari pemetaan dan pengamatan di lapangan, satuan litologi dibagi menjadi 2 satuan geologi tidak resmi, yaitu :

4.12 Endapan Alluvial

Satuan ini menempati 10% dari luas keseluruhan daerah penelitian yang ditandai dengan warna abu-abu terang pada peta geologi. Satuan ini terlihat hampir diseluruh bantaran sungai-sungai dan sawah didaerah penelitian. Satuan ini terdiri dari soil, pasir halus, dan lempung, berwarna coklat gelap hingga keabuan, dibeberapa lokasi terdapat material organik berupa akar tumbuhan yang telah lapuk.



Gambar 4-101: Penampakan satuan endapan alluvial

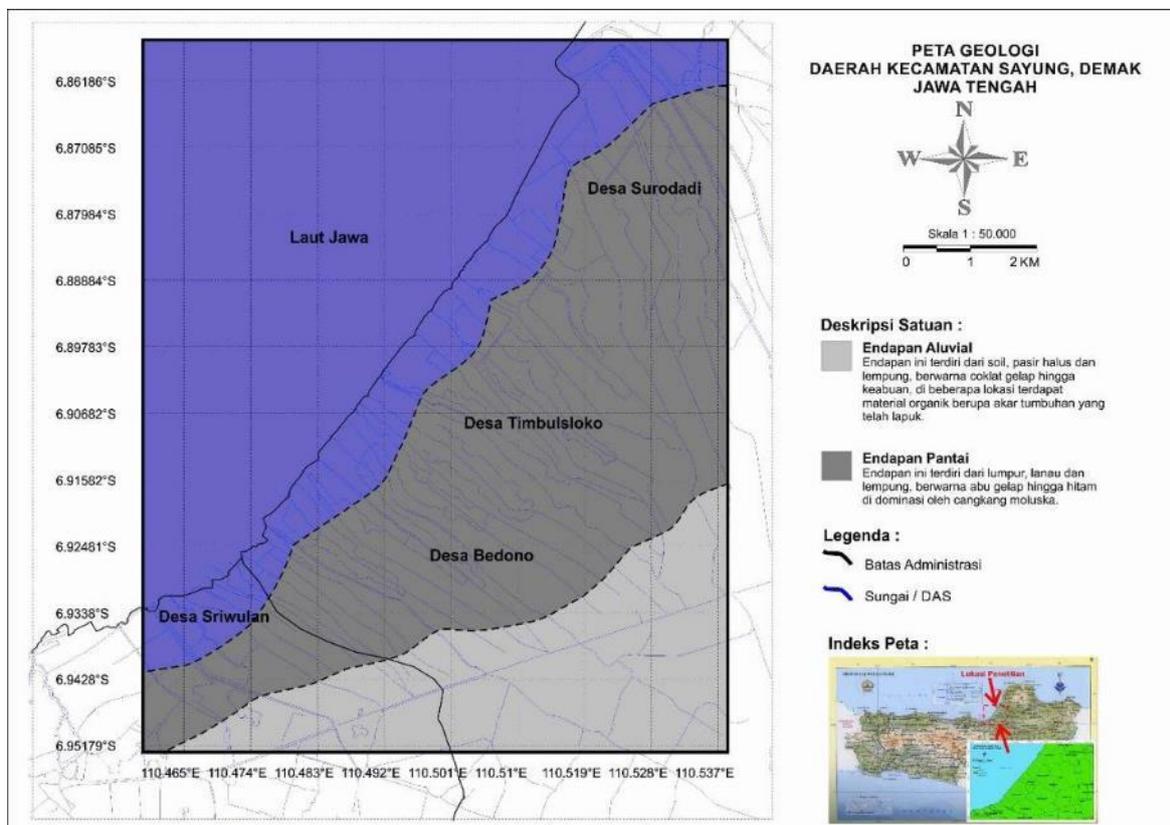
4.13 Endapan Pantai

Satuan ini menempati 30% dari luas keseluruhan daerah penelitian yang ditandai dengan warna abu-abu gelap pada peta geologi. Satuan ini terlihat hampir diseluruh bantaran sungai-sungai, sawah, pemukiman didaerah penelitian.



Gambar 4-102: Penampakan satuan endapan laut

Satuan ini terdiri dari lumpur, lanau dan lempung, berwarna abu-abu gelap hingga hitam, di beberapa lokasi terdapat material organik berupa akar tumbuhan yang telah lapuk dan cangkang moluska.

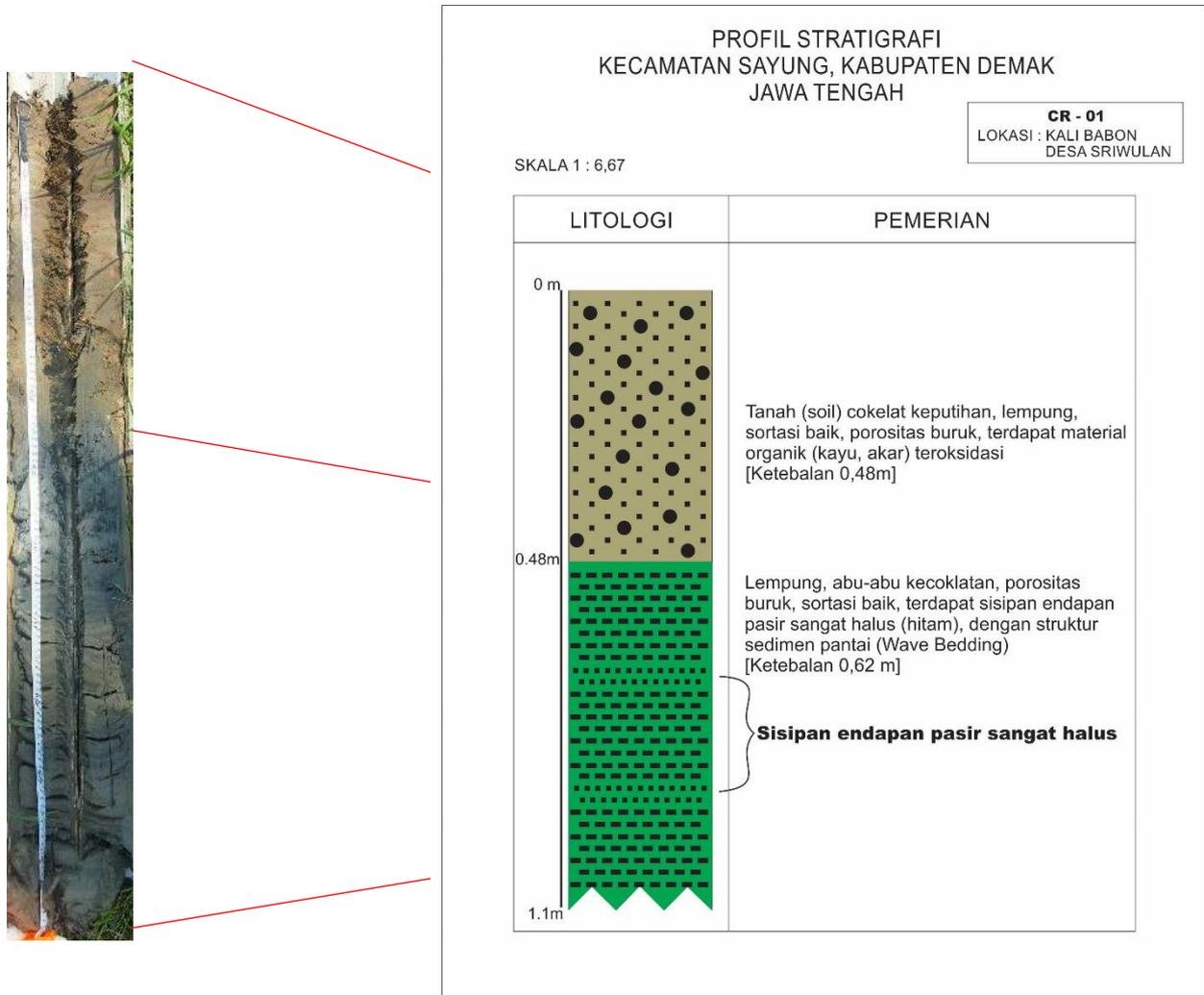


Gambar 4-103: Peta geologi daerah penelitian

4.13.1 Profil Stratigrafi Daerah

Berdasarkan hasil dari *coring* yang telah dilakukan, sebanyak 5 titik *coring* (peta lintasan dan lokasi pengamatan) yang mewakili keseluruhan satuan litologi daerah penelitian. Terdapat 2 endapan litologi pada tiap-tiap hasil *coring*, yaitu tipe endapan alluvial dan endapan pantai.

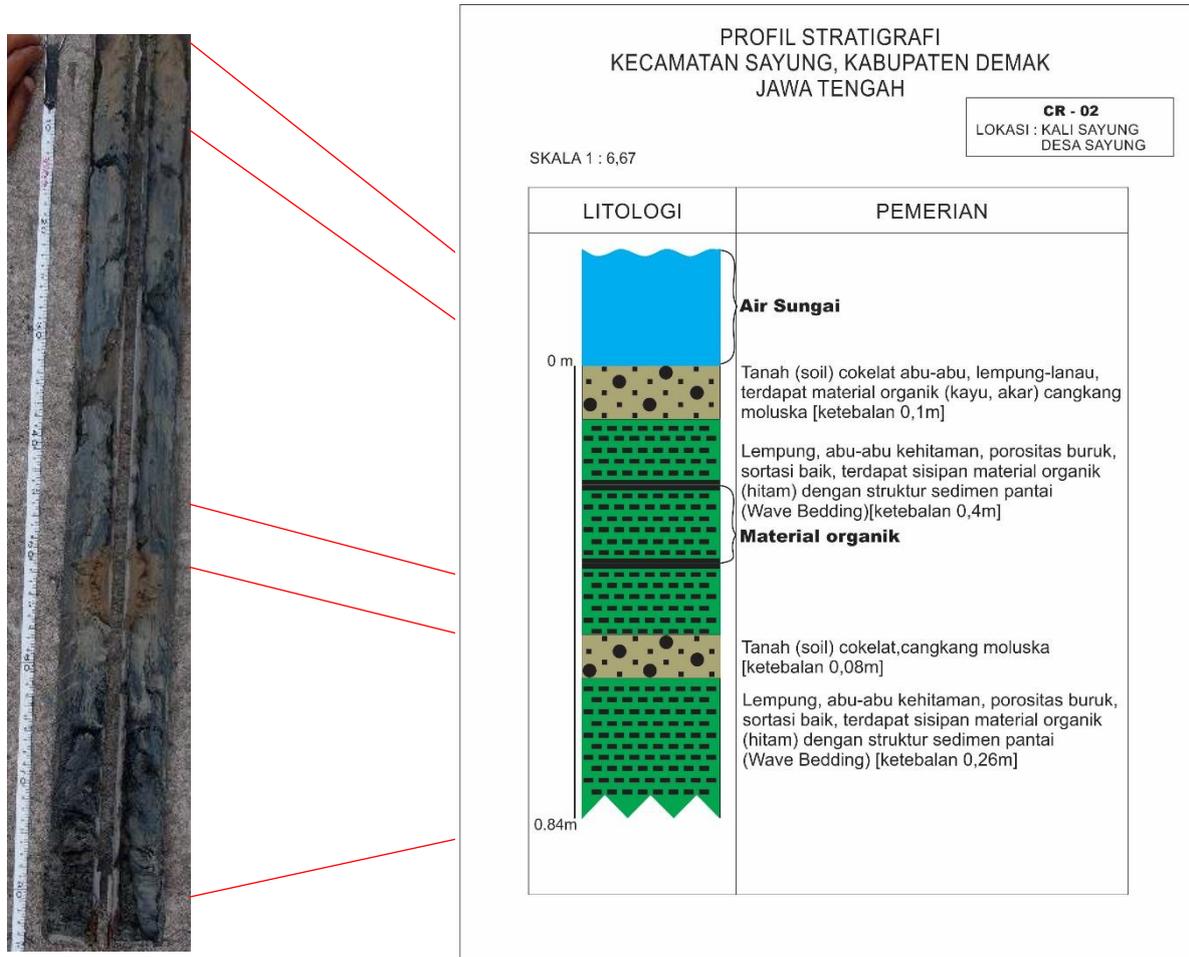
1. CR 01



Gambar 4-104: Profil stratigrafi CR 01

Berdasarkan hasil *coring* yang dilakukan, dapat diamati profil stratigrafi pada CR 01, diinterpretasikan bahwa terendapkan pertama lapisan tua (bawah) berupa endapan pantai yang berselang-seling dengan sedimen darat berupa pasir halus membentuk stuktur sedimen *wave bedding* yang mengindikasikan adanya pengaruh arus pasang-surut air laut yang lebih dominan dibandingkan persediaan sedimen darat yang lemah. Pada lingkungan pengendapan ini terbentuklah endapan rawa yang terlihat adanya material organik kayu yang telah lapuk. Kemudian, terendapkan lapisan kedua di atasnya yaitu endapan alluvial sangat halus yang mengindikasikan material telah tertransportasi sangat jauh dari sumbernya hingga terendapkan pada lokasi *coring* ini.

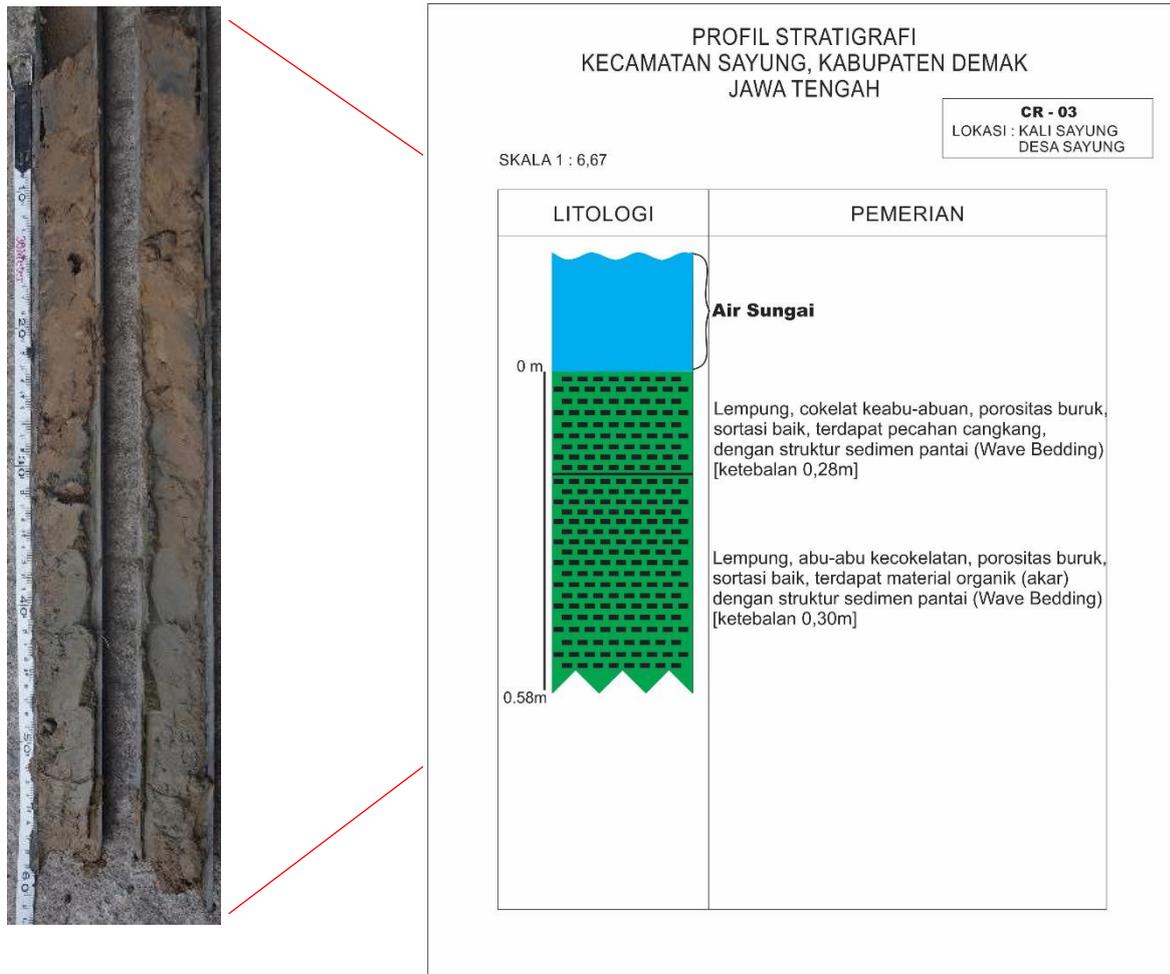
2. CR 02



Gambar 4-105: Profil stratigrafis CR-02

Berdasarkan hasil *coring* yang dilakukan, dapat diamati profil stratigrafi pada CR 02, diinterpretasikan bahwa terendapkan pertama lapisan tua (bawah) berupa endapan pantai yang berselang-seling dengan sedimen darat berupa pasir halus membentuk struktur sedimen *wave bedding* yang mengindikasikan adanya pengaruh arus pasang-surut air laut yang lebih dominan dibandingkan persediaan sedimen darat yang lemah. Pada lingkungan pengendapan ini terbentuklah endapan rawa yang terlihat adanya material organik kayu yang telah lapuk. Kemudian terendapkan lapisan di atasnya yaitu endapan alluvial sangat halus yang mengindikasikan material telah tertransportasi sangat jauh dari sumbernya. Kemudian terendapkan kembali lapisan di atasnya berupa endapan pantai yang cukup tebal, diindikasikan pada fase ini proses pengendapan sangat intensif dipengaruhi pasang-surut dan lapisan terakhir terendapkan endapan alluvial sangat halus yang tertransportasi sangat jauh hingga terendapkan sampai lokasi *coring* ini.

3. CR-03



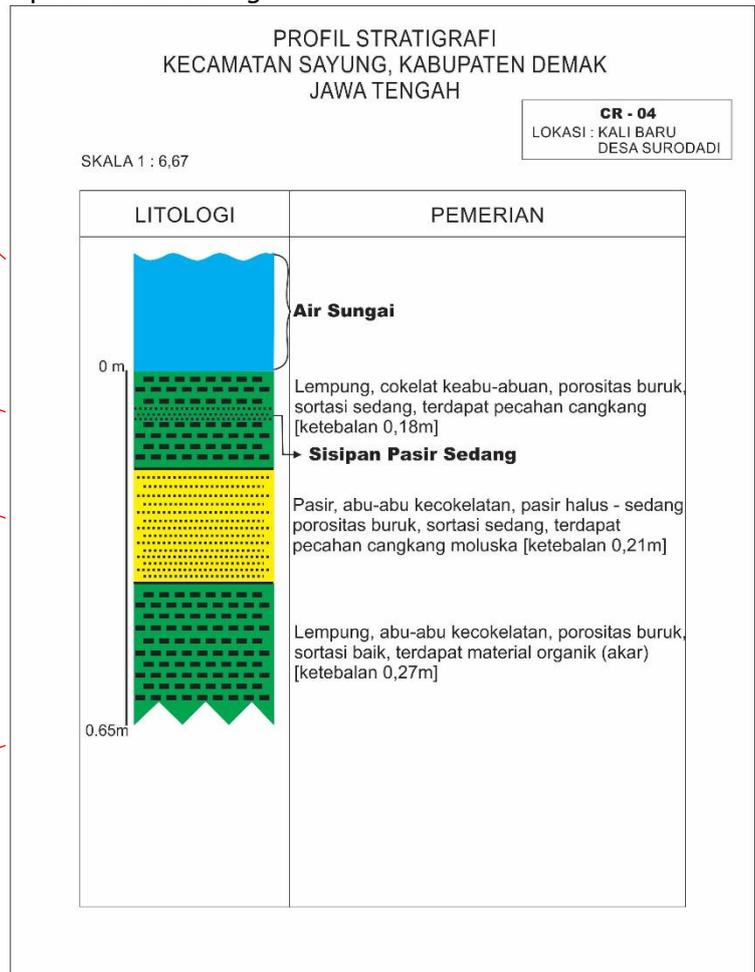
Gambar 4-106: Profil stratigrafi CR-03

Berdasarkan hasil *coring* yang dilakukan, dapat diamati profil stratigrafi pada CR 03, diinterpretasikan bahwa terendapkan pertama lapisan tua (bawah) berupa endapan pantai yang berselang-seling dengan sedimen darat berupa pasir halus membentuk stuktur sedimen *wave bedding* yang mengindikasikan adanya pengaruh arus pasang-surut air laut yang lebih dominan dibandingkan persediaan sedimen darat yang lemah. Pada lingkungan pengendapan ini terbentuklah endapan rawa yang terlihat adanya material organik kayu yang telah lapuk.

4. CR-04

Berdasarkan hasil *coring* yang dilakukan, dapat diamati profil stratigrafi pada CR 04, diinterpretasikan bahwa terendapkan pertama lapisan tua (bawah) berupa endapan pantai membentuk stuktur sedimen *wave bedding* yang mengindikasikan adanya pengaruh arus pasang-surut air laut yang lebih dominan dibandingkan persediaan sedimen darat yang lemah. Pada lingkungan pengendapan ini terbentuklah endapan rawa yang terlihat adanya material organik kayu yang telah lapuk. Kemudian terendapkan lapisan kedua diatas nya

yaitu endapan alluvial sangat halus yang mengindikasikan material telah tertransportasi sangat jauh dari sumbernya hingga terendapkan pada lokasi *coring* ini.

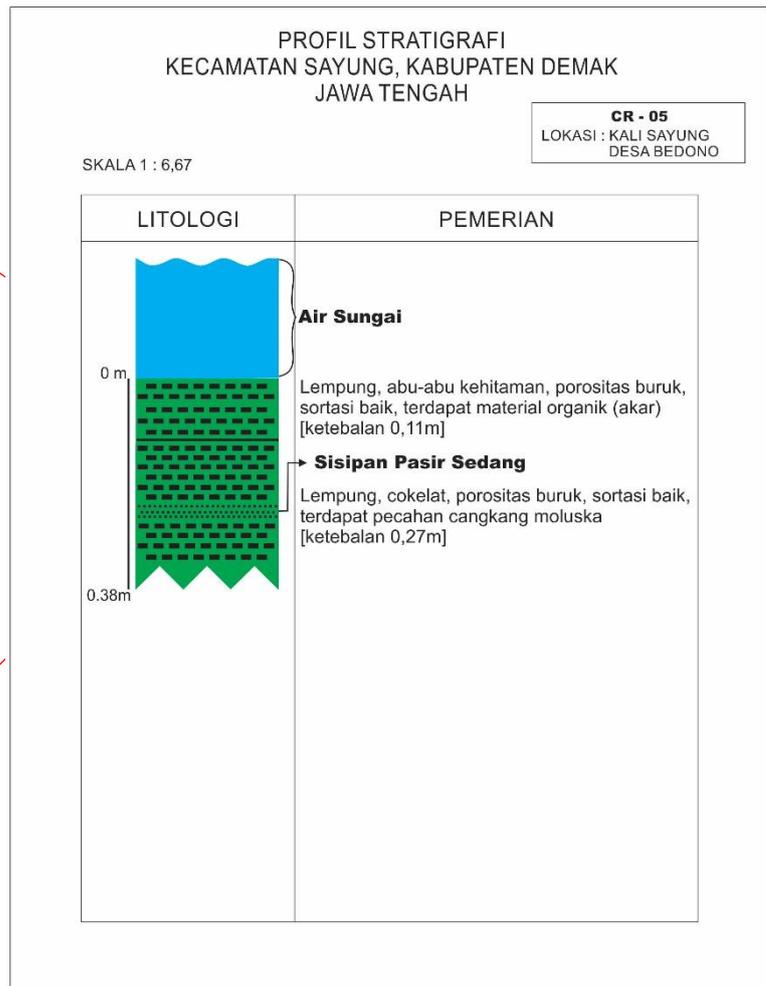


Gambar 4-107: Profil stratigrafi CR-04

Kemudian, terendapkan di atasnya lapisan terakhir berupa endapan pantai yang berselang-seling dengan sedimen darat berupa pasir halus, pada fase ini pengaruh arus pasang-surut kembali mengalami fluktuatif yang signifikan hingga membentuk struktur sedimen *wave bedding* dan menjadi lingkungan pengendapan rawa yang terlihat adanya material organik kayu lapuk.

5. CR-05

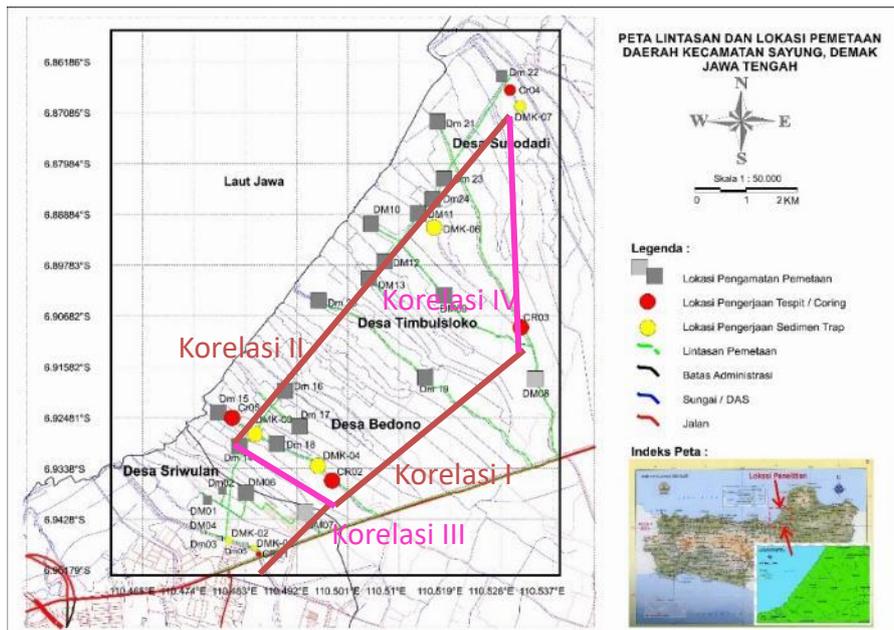
Berdasarkan hasil *coring* yang dilakukan, dapat diamati profil stratigrafi pada CR 05, diinterpretasikan bahwa terendapkan pertama lapisan tua (bawah) berupa endapan pantai yang berselang-seling dengan sedimen darat berupa pasir halus membentuk stuktur sedimen *wave bedding* yang mengindikasikan adanya pengaruh arus pasang-surut air laut yang lebih dominan dibandingkan persediaan sedimen darat yang lemah. Pada lingkungan pengendapan ini terbentuklah endapan rawa yang terlihat adanya material organik kayu yang telah lapuk.



Gambar 4-108: Profil stratigrafi CR-05

4.13.2 Korelasi Stratigrafi

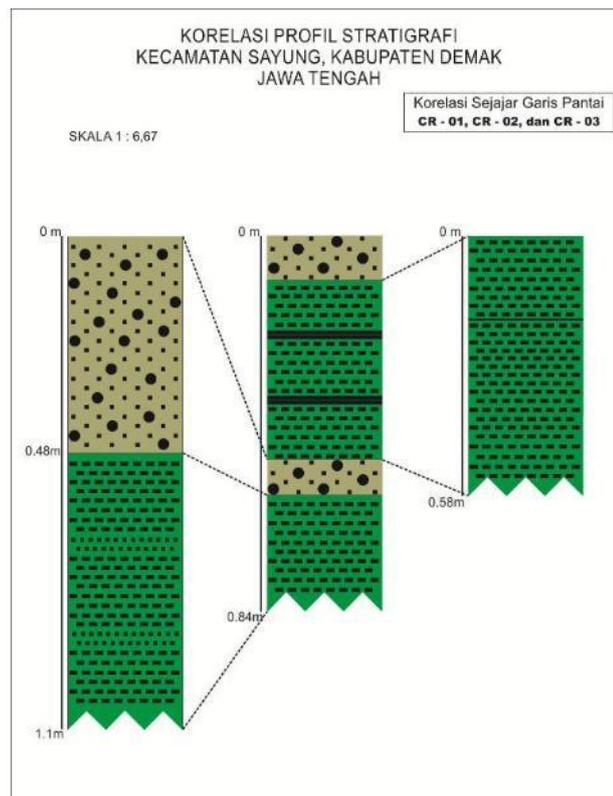
Berdasarkan hasil pengolahan di lapangan berupa deskripsi litologi dan melakukan interpretasi data *coring* pada daerah penelitian, maka tiap-tiap profil stratigrafi dapat di korelasikan.



Gambar 4-109: Peta lintasan dan lokasi pemetaan

1. Korelasi I

Korelasi ini berdasarkan kemiripan warna, besar butir, litologi dan material penyusun lainnya.



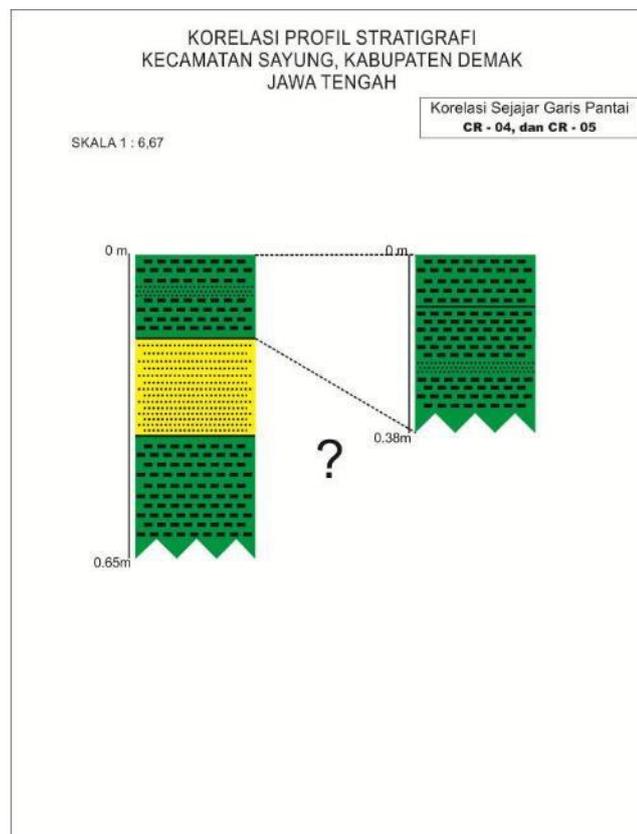
Gambar 4-110: Korelasi profil stratigrafi CR-01, CR-02 dan CR-03

Dari hasil 3 *coring* tersebut, terlihat adanya korelasi lapisan yang menerus secara lateral yaitu terdiri dari 4 lapisan yang berbeda. Lapisan paling tua (bawah) terdiri dari endapan pantai yang terdapat pada CR-01 dan CR-02, endapan ini dikontrol oleh *tidal dominated* dengan dicirikan adanya struktur sedimen *wave bedding*. Kemudian terendapkan lapisan kedua yang terdiri dari endapan alluvial yang terdapat pada CR-01 dan CR-02.

Kemudian terendapkan lapisan ketiga yang terdiri dari endapan pantai yang terdapat pada CR-2 dan CR-03, endapan ini dikontrol kembali oleh *tidal dominated* dengan dicirikan adanya *wave bedding* kemudian endapan yang terakhir endapan alluvial yang terdapat pada CR-02 dan CR-03.

2. Korelasi II

Korelasi ini berdasarkan kemiripan warna, besar butir, litologi dan material penyusun lainnya. Dari hasil 2 *coring* tersebut terlihat adanya korelasi lapisan yang menerus secara lateral yaitu terdiri dari 3 lapisan yang berbeda. Lapisan paling tua (bawah) terdiri dari endapan pantai yang terdapat pada CR-04, endapan ini dikontrol oleh *tidal dominated* dengan dicirikan adanya struktur sedimen *wave bedding*. Kemudian terendapkan lapisan kedua yang terdiri dari endapan alluvial yang terdapat pada pada CR-04.



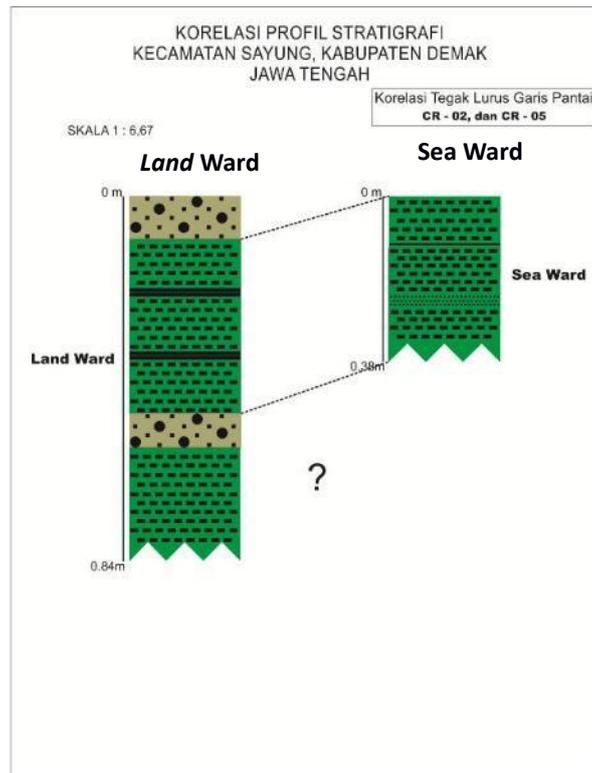
Gambar 4-111: Korelasi profil stratigrafi CR-04 dan CR-05

Kemudian terendapkan lapisan ketiga yang terdiri dari endapan pantai yang terdapat pada CR-4 dan CR-05, endapan ini dikontrol kembali oleh *tidal dominated* dengan dicirikan adanya *wave bedding*.

3. Korelasi III

Korelasi ini berdasarkan kemiripan warna, besar butir, litologi dan material penyusun lainnya. Dari hasil 2 *coring* tersebut terlihat adanya korelasi lapisan yang menerus secara lateral dari *land ward* (darat) ke *sea ward* (laut) yaitu terdiri dari 4 lapisan yang berbeda. Lapisan paling tua (bawah) terdiri dari endapan pantai yang terdapat pada CR-04, endapan ini dikontrol oleh *tidal dominated* dengan dicirikan adanya struktur sedimen *wave bedding*.

Kemudian terendapkan lapisan kedua yang terdiri dari endapan alluvial yang terdapat pada CR-04.

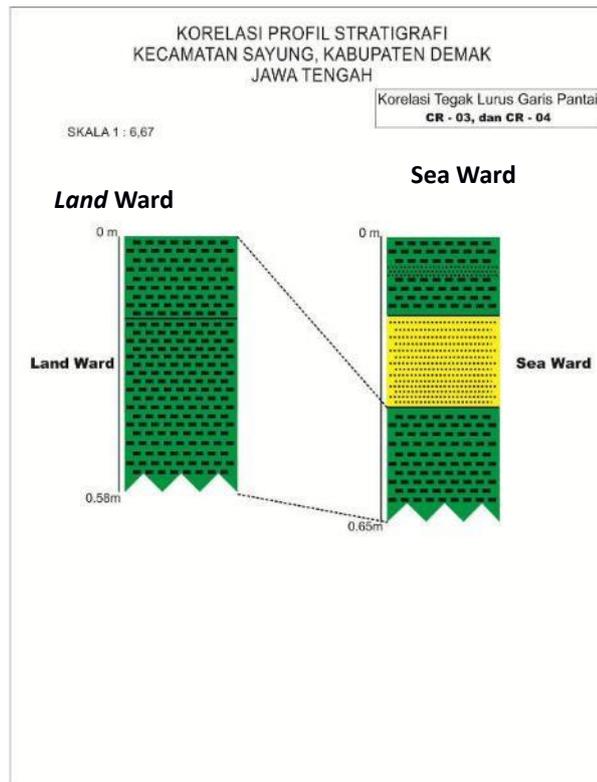


Gambar 4-112: Korelasi profil stratigrafi CR-02 dan CR-05

Kemudian terendapkan lapisan ketiga yang terdiri dari endapan pantai yang terdapat pada CR-04 dan CR-05, endapan ini dikontrol kembali oleh *tidal dominated* dengan dicirikan adanya *wave bedding* kemudian endapan yang terakhir endapan alluvial yang terdapat pada CR-02.

4. Korelasi IV

Korelasi ini berdasarkan kemiripan warna, besar butir, litologi dan material penyusun lainnya. Dari hasil 2 *coring* tersebut terlihat adanya korelasi lapisan yang menerus secara lateral dari *land ward* (darat) ke *sea ward* (laut) yaitu terdiri dari 3 lapisan yang berbeda. Lapisan paling tua (bawah) terdiri dari endapan pantai yang terdapat pada CR-03, endapan ini dikontrol oleh *tidal dominated* dengan dicirikan adanya struktur *sedimen wave bedding*. Kemudian terendapkan lapisan kedua yang terdiri dari endapan alluvial yang terdapat pada CR-04.



Gambar 4-113: Korelasi profil stratigrafi CR-03 dan CR-04

Kemudian terendapkan lapisan ketiga yang terdiri dari endapan pantai yang terdapat pada CR-04, endapan ini dikontrol kembali oleh *tidal dominated* dengan dicirikan adanya *wave bedding*.

4.13.3 Analisis Parameter Statistik Sedimen

Mekanisme pengangkutan dan pengendapan sedimen digunakan pendekatan statistik dari masing-masing kelompok sedimen. Parameter yang digunakan dalam analisis sedimen adalah sebagai berikut :

a. Koefisien Pemilihan (Sortasi)

Sortasi dapat menunjukkan batas ukuran butir atau keanekaragaman ukuran butir, tipe dan karakteristik serta lamanya waktu sedimentasi dari suatu populasi sedimen (Folk, 1968). Sortasi dikatakan baik jika batuan sedimen mempunyai penyebaran ukuran butir terhadap ukuran butir rata-rata pendek. Sebaliknya apabila sedimen mempunyai penyebaran ukuran butir terhadap rata-rata ukuran butir panjang disebut sortasi jelek.

Dari hasil analisis statistik parameter sedimen dapat diketahui bahwa nilai koefisien sortasi sedimen dasar permukaan perairan sungai Kecamatan Sayung didominasi oleh kelas terpilah buruk hingga terpilah sangat buruk (Tabel 4-12). Kondisi nilai koefisien sortasi buruk mengindikasikan bahwa kondisi arus transporasi di sungai yang ada di wilayah penelitian memiliki ketidakstabilan. Kondisi arus dan pasang surut air laut yang masuk dan mempengaruhi sungai dapat menyebabkan proses pengendapan partikel sedimen terganggu dan acak.

Tabel 4-12: Nilai koefisien sortasi

Kode Stasiun	Sortasi	Klasifikasi	Kode Stasiun	Sortasi	Klasifikasi
DM-01A	1,76	Terpilah buruk	DM-04A	2,18	Terpilah sangat buruk
DM-01D	1,77	Terpilah buruk	DM-04D	1,47	Terpilah buruk
DM-01L	2,27	Terpilah sangat buruk	DM-04L	2,09	Terpilah sangat buruk
DM-02A	2,36	Terpilah sangat buruk	DM-06A	1,73	Terpilah buruk
DM-02D	2,45	Terpilah sangat buruk	DM-06D	1,57	Terpilah buruk
DM-02L	2,27	Terpilah sangat buruk	DM-06L	2,22	Terpilah sangat buruk
DM-03A	2,3	Terpilah sangat buruk	DM-07A	1,59	Terpilah buruk
DM-03D	2,22	Terpilah sangat buruk	DM-07D	2,1	Terpilah sangat buruk
DM-03L	2,57	Terpilah sangat buruk	DM-07L	1,14	Terpilah buruk

b. Koefisien nilai *skweness* (Kemencengan)

Nilai kemencengan adalah penyimpangan distribusi ukuran butir terhadap distribusi normal. Distribusi normal adalah suatu distribusi ukuran butir dimana pada bagian tengah dari sampel mempunyai jumlah butiran paling banyak. Butiran yang lebih halus tersebar disisi kanan dan kiri dalam jumlah yang sama. Berdasarkan hasil analisis terhadap parameter statistik granulometri bahwa koefisien kemencengan butiran sedimen daerah penelitian didominasi oleh nilai kemencengan negatif hingga sangat positif (Tabel 4-13). Nilai kemencengan positif dapat diinterpretasikan bahwa pada daerah penelitian distribusi ukuran butir berlebihan partikel halus (Folk, 1974). Sedangkan pada beberapa titik memiliki nilai kemencengan negatif yang mengindikasikan bahwa terjadi kelebihan distribusi ukuran butir partikel kasar. Seperti halnya yang dijelaskan pada hasil interpretasi nilai sortasi, bahwa pada daerah penelitian memiliki kondisi hidro-oseanografi yang fluktuatif dan berubah rubah, sehingga menyebabkan kondisi endapan partikel kasar tidak terendap dekat area pesisir, namun lebih cenderung jenis partikel halus yang terendapkan.

Tabel 4-13: Koefisien kemencengan

Kode Stasiun	Sortasi	Klasifikasi	Kode Stasiun	Sortasi	Klasifikasi
DM-01A	-0,12	Menceng kasar	DM-04A	0,02	Menceng sangat halus
DM-01D	-0,04	Menceng kasar	DM-04D	0,05	Menceng sangat halus
DM-01L	-0,44	Menceng sangat kasar	DM-04L	0,24	Menceng sangat halus
DM-02A	-0,02	Menceng kasar	DM-06A	0,08	Menceng sangat halus
DM-02D	0,15	Menceng sangat halus	DM-06D	0,2	Menceng sangat halus
DM-02L	-0,47	Menceng sangat kasar	DM-06L	0,3	Menceng sangat halus
DM-03A	-0,03	Menceng kasar	DM-07A	-0,06	Menceng kasar
DM-03D	-0,05	Menceng kasar	DM-07D	-0,07	Menceng kasar
DM-03L	-0,28	Menceng kasar	DM-07L	-0,02	Menceng kasar

Beberapa sampel sedimen memiliki nilai koefisien kemencengan simetris dengan dominasi nilai kemencengan -0,05 hingga -0,44. Hal ini menunjukkan bahwa sedimen telah mengalami proses transporasi dan mengendap pada kawasan perairan tersebut. Berdasarkan perhitungan statistik diatas dapat ditunjukkan bahwa transporasi sedimen di kawasan tersebut dipengaruhi arus yang berfluktuasi sehingga mampu memilah setiap ukuran butiran sedimen yang halus.

c. Koefisien nilai keruncingan (Kurtosis)

Kurtosis menunjukkan kepuncakan atau kedataran distribusi dalam perbandingan kepada distribusi normal. Ukuran ini tidak sering digunakan untuk mengukur distribusi ukuran partikel pada sungai-sungai dengan dasar kerikil (*Junaidi dan Wigati, 2011*). Folk dan Ward (1957) mengusulkan untuk menghitung kurtosis menggunakan ekor dan kuartil dari distribusi. Nilai koefisien keruncingan hasil analisis pada sedimen dasar perairan sungai Kecamatan Sayung didominasi oleh tingkat keruncingan sangat runcing hingga sangat runcing sekali (Tabel 4-14).

Tabel 4-14: Nilai koefisien kurtosis

Kode Stasiun	Sortasi	Klasifikasi	Kode Stasiun	Sortasi	Klasifikasi
DM-01A	1,51	Sangat runcing	DM-04A	1,73	Sangat runcing
DM-01D	1,77	Sangat runcing	DM-04D	1,88	Sangat runcing
DM-01L	1,78	Sangat runcing	DM-04L	1,8	Sangat runcing
DM-02A	1,62	Sangat runcing	DM-06A	2,57	Sangat runcing
DM-02D	1,62	Sangat runcing	DM-06D	2,17	Sangat runcing
DM-02L	1,82	Sangat runcing	DM-06L	1,63	Sangat runcing
DM-03A	2,05	Sangat runcing	DM-07A	2,19	Sangat runcing
DM-03D	2,21	Sangat runcing	DM-07D	2,34	Sangat runcing
DM-03L	1,88	Sangat runcing	DM-07L	3,64	Sangat runcing sekali

4.13.4 Transpor Sedimen Perairan

Muara sungai adalah bagian hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Permasalahan di muara sungai dapat ditinjau pada bagian mulut sungai (*river mouth*) dan estuari. Mulut sungai adalah bagian paling hilir dari muara sungai yang langsung bertemu dengan laut. Estuari adalah bagian dari sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut. Pengaruh pasang surut terhadap sirkulasi aliran (kecepatan/debit, profil muka air, intrusi air asin) di estuari dapat sampai jauh ke hulu sungai, yang tergantung pada tinggi pasang surut, debit sungai dan karakteristik estuari (penampang aliran, kekasaran dinding, dan sebagainya) (*Triatmodjo, 1999*).

Permasalahan yang dihadapi pada kawasan pesisir yaitu bencana abrasi dan akresi, dimana abrasi merupakan terjadinya perubahan daratan atau pesisir yang hilang akibat terkikis oleh dinamika oseanografi. Oleh karena itu perairan muara sungai Pemali dan Nipon merupakan salah satu sungai yang dikatakan sebagai salah satu sumber menyuplai endapan sedimen. Muara Sungai Pemali merupakan salah satu muara sungai yang mengalami sedimentasi atau laju pengendapan, dimana bisa dikatakan bahwa muara sungai masih mendapatkan pengaruh yang besar dari daratan. Endapan yang terjadi di muara sungai, jika semakin lama akan berpengaruh terhadap aspek di sekitarnya, baik dari segi perubahan topografi, penambahan atau pengurangan daratan bahkan pengaruh terhadap flora maupun fauna yang ada di sekitarnya. Oleh karena itu dibutuhkannya analisis dan perhitungan laju pengendapan sedimen yang terjadi di muara sungai dengan beberapa metode pendekatan seperti dibawah ini :

4.13.5 Analisis Laju Sedimentasi Rata-Rata

Laju sedimentasi adalah jumlah hasil sedimen per satuan luas daerah tangkap air (DTA) atau daerah aliran sungai (DAS) persatuan waktu (dalam satuan ton/ha/th atau gr/hari).

Tabel 4-15: Hasil perhitungan laju sedimentasi sungai (*suspended load*)

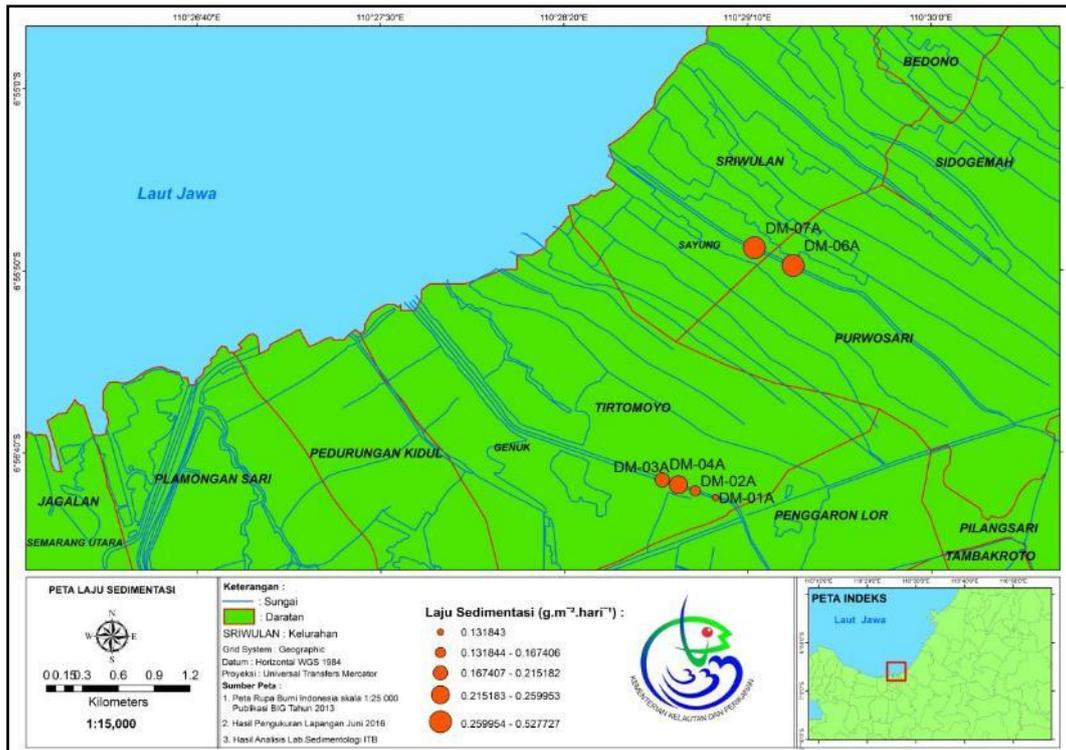
Kode Stasiun	Laju Sedimentasi (Ls) $\text{g.m}^{-2}.\text{hari}^{-1}$	Posisi Penambat Sedimen	Lokasi
DM-01A	0,1150	<i>Sedimen melayang</i>	Hulu
DM-02A	0,1491	<i>Sedimen melayang</i>	Hulu
DM-03A	0,1611	<i>Sedimen melayang</i>	Tengah
DM-04A	0,1263	<i>Sedimen melayang</i>	Tengah
DM-06A	0,4910	<i>Sedimen melayang</i>	Hulu
DM-07A	0,4233	<i>Sedimen melayang</i>	Muara

Perhitungan laju sedimentasi berdasarkan hasil penambatan sedimen yang terperangkap, baik sedimen melayang (*suspended load*) maupun sedimen dasar (*bed load*). Kisaran nilai laju sedimentasi dari penambat sedimen atau sedimen trap terhadap beberapa lokasi yang dihitung menggunakan rumus konstan laju sedimentasi pada sedimen melayang dan *bed load sedimen* dengan hasil dapat terlihat pada Tabel 4-15 dan Tabel 4-16.

Tabel 4-16: Hasil perhitungan laju sedimentasi sungai (*bed load*)

Kode Stasiun	Laju Sedimentasi (Ls) $\text{g.m}^{-2}.\text{hari}^{-1}$	Posisi Penambat Sedimen	Lokasi
DM-01D	0,1296	<i>Bedload</i>	Hulu
DM-01L	0,1509	<i>Bedload</i>	Hulu
DM-02D	0,2395	<i>Bedload</i>	Tengah
DM-02L	0,1137	<i>Bedload</i>	Tengah
DM-03D	0,3203	<i>Bedload</i>	Tengah
DM-03L	0,2985	<i>Bedload</i>	Tengah
DM-04D	0,2010	<i>Bedload</i>	Tengah
DM-04L	0,3183	<i>Bedload</i>	Tengah
DM-06D	0,7910	<i>Bedload</i>	Hulu
DM-06L	0,3012	<i>Bedload</i>	Hulu
DM-07D	0,6157	<i>Bedload</i>	Muara
DM-07L	0,4579	<i>Bedload</i>	Muara

Berdasarkan hasil perhitungan sederhana terhadap laju sedimentasi di beberapa bagian sungai, dapat terlihat bahwa pada bagian hulu sungai daerah daerah Sriwulan memiliki nilai laju sedimentasi lebih tinggi dibandingkan dengan bagian muara sungai. Sedangkan laju sedimentasi pada bagian sungai di daerah Sriwulan yang berbatasan dengan Tirtomoyo cenderung memiliki laju sedimentasi rendah, namun pada lokasi sungai tersebut laju sedimentasi cenderung meningkat pada bagian menuju muara sungai (Gambar 4-126).



Gambar 4-114: Peta gradasi nilai laju sedimentasi

Perhitungan laju sedimentasi terbagi menjadi dua bagian yaitu laju sedimentasi pada endapan sedimen melayang (*suspended load*) dengan endapan sedimen dasar (*bed load*). Berdasarkan pembagian tersebut bahwa nilai laju sedimentasi pada sungai daerah Sriwulan didominasi oleh endapan sedimen dasar (*bed load*) terlihat rata-rata laju sedimentasi pada sedimen dasar sebesar $0,5414 \text{ g.m}^{-2}.\text{hari}^{-1}$ sedangkan nilai rata-rata sedimen melayang hanya mencapai $0,4571 \text{ g.m}^{-2}.\text{hari}^{-1}$. Sedangkan nilai laju sedimentasi rata-rata pada sungai daerah Tirtomoyo juga di dominasi oleh endapan sedimen dasar (*bed load*) dengan rata-rata nilai laju sedimentasi sebesar $0,2115 \text{ g.m}^{-2}.\text{hari}^{-1}$, sedangkan rata-rata laju sedimentasi pada sedimen melayang sebesar $0,1379 \text{ g.m}^{-2}.\text{hari}^{-1}$.

4.13.6 Analisis Laju Sedimentasi Berdasarkan Isotop Alami Pb-210

Identifikasi mekanisme laju sedimentasi daerah penelitian dapat diketahui berdasarkan beberapa parameter yang berkaitan terhadap proses sedimentasi. Beberapa parameter untuk mengetahui mekanisme sedimentasi diantaranya, umur sedimen, sedimentasi, persentase porositas, jenis tekstur sedimen serta faktor alam lainnya seperti perubahan kecepatan arus, perubahan morfologi sungai dan debit sungai.

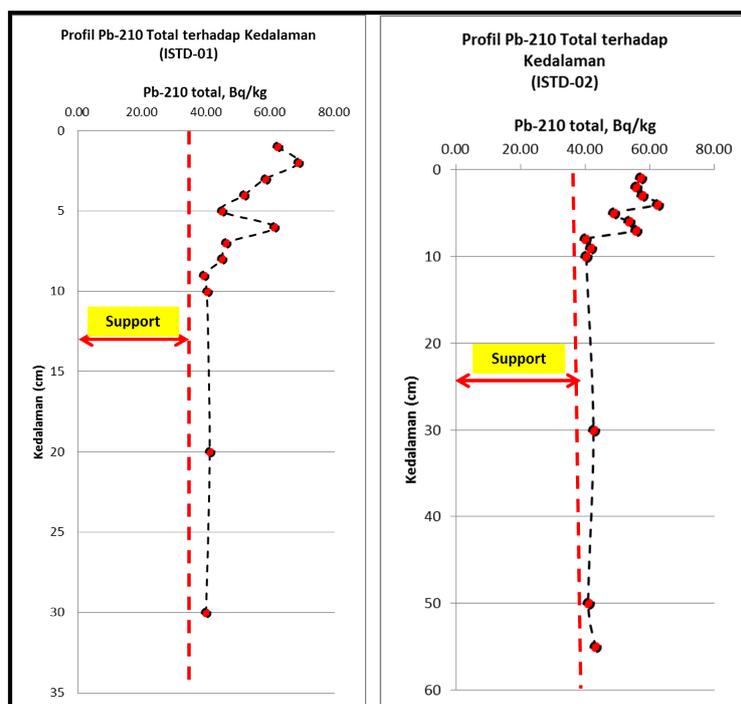
Penentuan umur sedimen dengan teknik radioisotope alam Pb-210 telah digunakan secara luas baik di danau maupun di perairan laut, tanah jatuh dan penentuan laju sedimentasi di laut (Ferreira, *et.al*, 2013). Pengukuran aktivitas spesifik Pb-210 pada lapisan inti sedimen dapat menentukan umur sedimen hingga sekitar 150 tahun ke masa lampau. Penentuan umur sedimen dengan Pb-210 sangat sesuai digunakan sebagai tool kajian perubahan dan kejadian dalam periode dimana aktivitas manusia mulai memberi dampak pada lingkungan dengan adanya perubahan yang signifikan pada lingkungan sekitar (Susiaty *et al*, 2007). Lokasi penelitian difokuskan pada pesisir Kecamatan Sayung (Gambar 4-127). Penelitian terhadap estimasi rata-rata kecepatan sedimen dalam kurun waktu tertentu menggunakan

metode isotop *unsupported* Pb-210 diperlukan pada untuk mengetahui faktor–faktor alamiah yang memberikan pengaruh terhadap mekanisme dan kecepatan sedimentasi di pesisir Kecamatan Sayung.



Gambar 4-115: Peta lokasi pengambilan sampel core isotop

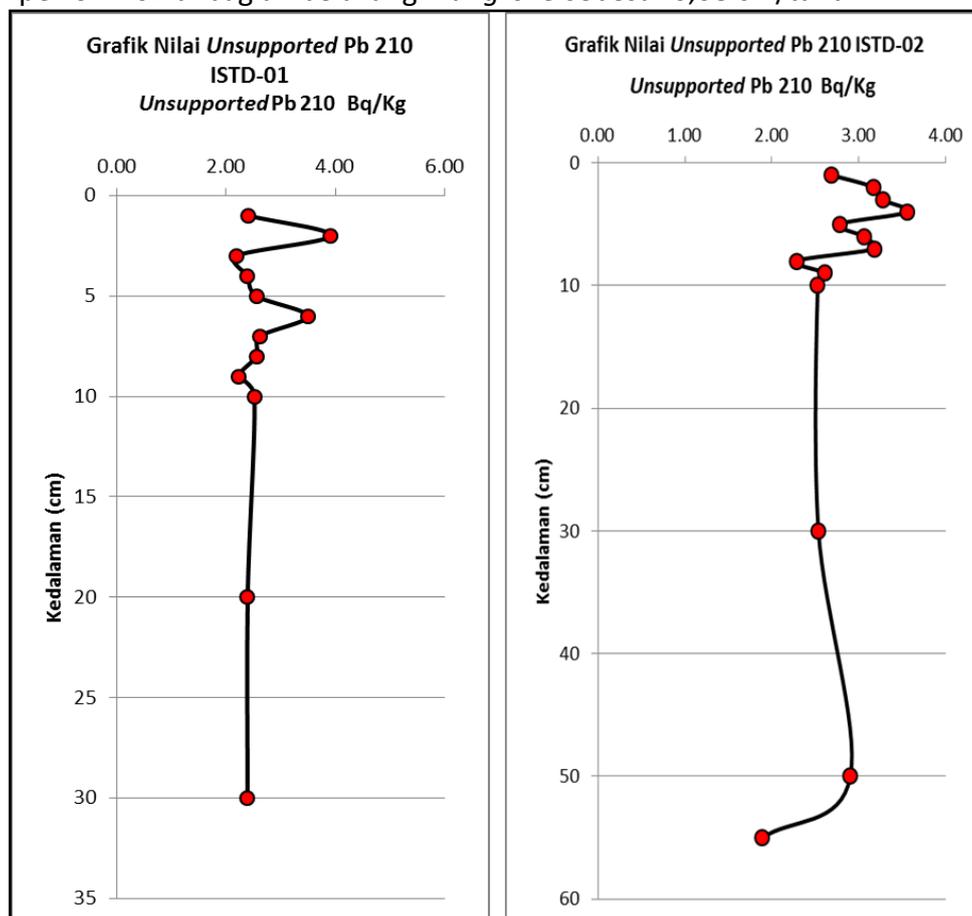
Profil total Pb-210 dan *supported* Pb-210 pada sampel inti sedimen ditampilkan pada Grafik 1. Besarnya *supported* Pb-210 pada lokasi ISTD-01 dan ISTD-02 adalah 39.33 Bq/kg dan 40,05 Bq/kg. Hasil pengukuran *unsupported* Pb-210 pada tiap contoh lapisan inti sedimen dari dua titik lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 4-128.



Gambar 4-116: Profil Pb-210 total dan *supported* Pb-210 terhadap kedalaman

Profil *unsupported* Pb-210 menunjukkan nilai yang fluktuatif antara ISTD-01 dan ISTD-02. Pada umumnya nilai *unsupported* Pb-210 pada setiap lapisan kedalaman inti sedimen cenderung makin kecil konsentrasinya dari lapisan atas ke bawah hingga kedalaman 55 cm (Lubis, 2007). Berdasarkan pola kandungan *unsupported* Pb-210 tersebut maka penentuan umur dan laju sedimentasi dilakukan dengan menggunakan model CRS (*Constant Rate of Supply*) (Lubis, 2006).

Umur sedimen bervariasi untuk seluruh inti sedimen seperti terlihat pada Tabel 4-17. Lapisan inti core yang dapat diketahui umurnya hanya hingga kedalaman 6 – 7 cm paling bawah yaitu pada kedalaman (7 cm) sampel ISTD-01 cm dari sampel IST-001 berumur hingga 101 tahun, sedangkan pada sampel ISTD-002 pada kedalaman (6 cm) berumur 59 tahun. Hal yang sama juga terlihat adanya perbedaan laju sedimentasi yang bervariasi pada tiap lapisan inti sedimen. Laju sedimentasi rata-rata pada sampel inti sedimen ISTD-01 yang berada dekat dengan laut lepas bagian dari depan *mangrove* sebesar 0,06 cm/tahun, sedangkan pada sampel ISTD-02 di bagian belakang *mangrove* sebesar 0,08 cm/tahun.



Gambar 4-117: Profil *unsupported* Pb-210 terhadap kedalaman

Terlihat bahwa nilai rata-rata laju akumulasi sedimen lebih besar pada belakang *mangrove* dekat dengan daratan, dibandingkan dengan yang dekat muara sungai atau laut lepas.

Tabel 4-17: Laju sedimentasi berdasarkan analisis radionuklida alam Pb-210

Kode Sampel	Kode Cacah	Z (cm)	Tahun Pengendapan	Laju Sedimen cm/tahun	Kode Sampel	Tahun Pengendapan	Laju Sedimen cm/tahun
ISTD-01	A	1	2008	0,08	ISTD-02	2010	0,09
	B	2	1995	0,05		2005	0,08
	C	3	1990	0,05		1997	0,06
	D	4	1981	0,07		1981	0,03
	E	5	1974	0,12		1974	0,06
	F	6	1942	0,02		1957	0,03
	G	7	1915	0,02			

Berdasarkan hasil analisis isotop terhadap sampel sedimen yang ada di lokasi penelitian, maka dapat diinterpretasikan bahwa pada sampel ISTD-01 yang berada di bagian depan *mangrove* dan berhubungan dengan laut lepas proses laju akumulasi sedimen cenderung berubah-ubah. Pada kurun waktu 1915–1974 cenderung mengalami peningkatan, sedangkan 1974 – 1995 mengalami penurunan laju sedimentasi, kondisi tersebut dapat diartikan pada kurun waktu tersebut terjadi proses abrasi yang cukup meningkat.

Namun, pada tahun 1995–2008 mengalami peningkatan laju sedimentasi hal tersebut diinterpretasikan bahwa proses penanganan bencana abrasi sudah dilakukan baik dengan penanaman *mangrove* maupun bangunan pelindung pantai. Kondisi tersebut dapat dikatakan bahwa penanaman *mangrove* efektif dalam merangkap sedimen. Dibandingkan dengan bagian depan *mangrove*, laju sedimentasi bagian belakang *mangrove* (ISTD-02) lebih besar hal tersebut dikarenakan sedimen yang berasal dari darat terperangkap dibagian belakang *mangrove* dan terendapkan.

4.13.7 Sumber Sedimen Berdasarkan Analisis Kandungan Karbonat

Batuan karbonat adalah batuan sedimen yang mempunyai komposisi yang dominan lebih dari 50 % terdiri dari garam–garam karbonat, yang dalam prakteknya secara umum meliputi batu gamping dan dolomit (Rejers & Hsu, 1986). Proses pembentukannya dapat terjadi secara insitu, yang berasal dari larutan yang mengalami proses kimiawi maupun biokimia dimana pada proses tersebut mikroorganisme turut berperan, dan dapat pula terjadi pada butiran rombakan yang telah mengalami transporasi secara mekanik kemudian diendapkan pada tempat lain, dan pembentukannya dapat pula terjadi akibat proses diagenesis dari batuan karbonat yang lain. Seluruh proses pembentukan batuan karbonat tersebut terjadi pada lingkungan air laut sehingga praktis bebas dari detritus asal darat.

Berdasarkan hal tersebut kandungan bahan karbonat total dalam sedimen di Perairan Kecamatan Sayung, Demak dapat membantu dalam interpretasi sumber sedimen yang ada. Untuk kasus di daerah penelitian interpretasi sumber sedimen dapat dikorelasikan dalam menentukan dominasi endapan sedimen berasal dari darat atau laut. Sehingga dengan mengetahui kondisi tersebut dapat menilai efektifitas peranan sungai dalam mengurangi abrasi di daerah penelitian. Kegiatan pengambilan sampel dilakukan pada 11 titik pengamatan yang tersebar di sepanjang pesisir Kecamatan Sayung, Demak (Gambar 4-125).

Untuk memberikan gambaran sebaran nilai kandungan karbonat dalam sedimen, maka dibuat peta sebaran kandungan karbonat sebagaimana terlihat pada Gambar 4-125. Peta tersebut memperlihatkan gradasi nilai kandungan karbonat pada tiap titik pengamatan. Berdasarkan peta tersebut terlihat bahwa kandungan karbonat semakin besar ke arah luar yang berhubungan langsung dengan laut. Nilai anomali yang terlihat juga pada kandungan karbonat sangat rendah pada bagian barat daerah penelitian dekat dengan Kelurahan Sriwulan. Sedangkan kondisi pada bagian timur daerah penelitian sepanjang pesisir Bedono dan Timbulsloko cenderung memiliki kandungan karbonat yang tinggi.



Gambar 4-118: Peta gradasi nilai kandungan karbonat

Tabel 4-18: Persentase kandungan karbonat

Stasiun	% CaCO ₃	Stasiun	% CaCO ₃
DC-01	6,6214	DC-06	0
DC-02	4,0294	DC-07	5,4506
DC-03	1,6473	DC-08	7,4693
DC-04	2,8666	DC-09	0,1938
DC-05	1,4212	DC-010	4,9257
DC-011	2,9797		

Hal ini mengindikasikan telah terjadi keperangkapan sedimen dari sumber yang sama akibat proses arus sepanjang pantai di daerah tersebut. Namun apabila berdasarkan pengertian batuan karbonat yang terbentuk dari aktivitas marine dan yang mempunyai komposisi yang dominan kandungan karbonat lebih dari 50 %. Seluruh sampel tidak memperlihatkan kandungan karbonat melebihi 50% (Tabel 4-18). Dapat dikatakan bahwa endapan sedimen daerah penelitian di bagian depan *mangrove* dan belakang *mangrove* lebih dominan berasal dari darat yang tertransportasi oleh aliran sungai, sedangkan material karbonat berasal dari laut.

5. Penutup

Dari kajian dan diskusi yang dijelaskan di atas, beberapa aspek terkait pemahaman fenomena sedimentasi di Kecamatan Sayung serta upaya-upaya penanganannya dapat disimpulkan bahwa abrasi yang terjadi Kecamatan Sayung sudah berlangsung lama yang disebabkan oleh setidaknya empat aspek yaitu: morfologi daerah pesisir, perubahan tata guna lahan, dan kurangnya perawatan daerah pesisir. Perubahan tata guna lahan di Kecamatan Sayung dan sekitarnya yang diakibatkan oleh pertumbuhan dan pemukiman serta pembangunan Kecamatan Sayung dalam dekade terakhir menyebabkan banyaknya material erosi yang tergerus ke arah laut lepas. Daya gelombang untuk kedalaman 6 m, 4 m, 2 m, dan 0,1 m untuk tahun 2016 lebih besar dibandingkan dengan 2004, daya gelombang yang merambat ke pantai dapat menyebabkan perubahan garis pantai karena gelombang merambat kepantai membawa material sedimen yang dipengaruhi oleh arus pantai. Hubungan tinggi dan periode gelombang bulan Maret tahun 2004 dan bulan Maret 2016 menunjukkan bahwa gelombang signifikan 2004 lebih tinggi dibanding Maret 2016 hal ini menunjukkan pada tahun 2004 angin berhembus lebih besar dibandingkan 2016. Berdasarkan tabel hasil perhitungan koefisien refraksi 2016 untuk segala arah hasil yang paling besar dari arah barat pada kedalaman 8 m dan terkecil dari selatan. Berdasarkan tabel hasil perhitungan koefisien refraksi 2004 untuk segala arah hasil yang paling besar dari arah barat daya untuk kedalaman 2 m dan terkecil dari selatan. Morfologi daerah Kecamatan Sayung dan sekitarnya berupa bentang alam yang dikontrol oleh endapan alluvial. Litologi penyusun dari daerah pengamatan didominasi oleh sedimentasi lanau hingga lempung

Dari hasil diskusi pada bab-bab di atas dan hasil, beberapa saran untuk penanganan masalah sedimentasi di Kecamatan Sayung adalah dengan upaya revitalisasi yang saat ini digalakan oleh pemerintah lokal perlu dikaji ulang terutama kajian lingkungan (fisik-bio-kimia) pasca konstruksi untuk antisipasi/mitigasi kemungkinan kegagalan (*engineering failure*). Data dan informasi yang terkumpul dalam penelitian ini dapat dijadikan sebagai baseline (pijakan) untuk melakukan penilaian kembali (*assessment*) pada kondisi lingkungan Kecamatan Sayung. Penegakan hukum pada pembangunan di sepanjang sungai-sungai (DAS) yang bermuara di Kecamatan Sayung. Selain itu, pembukaan tambak dan pembangunan pemukiman baru di lokasi hutan mangrove perlu dikaji secara hukum dan ditindak jika melanggar aturan. Pembangunan di dalam Kecamatan Sayung dengan cara reklamasi telah berlangsung. Jika memungkinkan, proyek ini perlu dikaji ulang. Studi pasca konstruksi juga perlu terutama jaminan untuk perawatan perlu dinyatakan secara tegas dan berkekuatan hukum. Partisipasi aktif warga di Kecamatan Sayung termasuk sektor industri sangat diperlukan untuk menjaga kelestarian lingkungan teluk. Rencana zonasi wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil di kawasan pesisir utara Pulau Jawa dan sekitarnya perlu segera ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprianti, M. 2008. Analisis Kandungan Boron, Seng, Mangan dan Sulfat dalam Air Sungai Mesjid sebagai Air Baku PDAM Dumai. FMIPA-UR, Pekanbaru.
- Arief, M., Lestari, L.W. 2006. Analisis Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Ditinjau dari Nilai Klorofil-a, Suhu Permukaan Perairan, dan Muatan Padatan Tersuspensi Menggunakan Data Citra Satelit *Landsat* ETM 7+. *Jurnal Penginderaan Jauh*. 3(1): 108-118.
- Arif M., Laksmi L. 2006. Analisis Kesesuaian Perairan Tambak Di Kabupaten Demak Ditinjau Dari Nilai Klorofil-A, Suhu Permukaan Perairan Dan Muatan Padatan Tersuspensi Menggunakan Data Citra Satelit *Landsat* ETM 7+. *Jurnal Penginderaan Jauh*. LAPAN
- Asyiah S., Rindarjono M., & Muryani C. 2015. Analisis Perubahan Permukiman Dan Karakteristik Permukiman Kumuh Akibat Abrasi Dan Inundasi Di Pesisir Kecamatan Sayung Kabupaten Demak Tahun 2003 – 2013. *Jurnal Geoeco* Vol I. UNS
- Bakosurtanal, 2002, website: www.bakosurtanal.go.id. Bakosurtanal. Indonesia.
- Bayhaqi Ahmad dan Caesar M.A. Dungga. 2015. Distribusi butiran sedimen di pantai Dalegan Gresik Jawa Timur. *Jurnal Depik*. 4(3): 153-159p.
- Bengen, D.G. 2004. Menuju Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu Berbasis Daerah Aliran Sungai (DAS), dalam Interaksi daratan dan Lautan : Pengaruhnya terhadap Sumber Daya dan Lingkungan, Prosiding Simposium Interaksi Daratan dan Lautan. Diedit oleh W.B. Setyawan, dkk. Jakarta : Kedepuitan Ilmu Pengetahuan Kebumihan, LIPI.
- Bengen, D.G., 2001. Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem *Mangrove*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan-Institut Pertanian Bogor. Bogor, Indonesia
- Catrin Sudardjat., M. Syahril B.K., & Hadi Kardhana. 2014. Kajian Sedimentasi Di Sekitar Muara Sungai Wanggu Kecamatan Sayung Jawa Tengah. Institut Teknologi Bandung
- Coastal Hydrolic Laboratory (CHL). 2002. Coastal Engineering Manuals. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
- Crosby, D.G. 1998. *Environmental Toxicology and Chemistry* (6th Ed) New York: Oxford University Press.
- Desmawan., Bayu Krisna. 2014. Adaptasi Masyarakat Kawasan Pesisir Terhadap Banjir Rob Di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*, UGM.
- Diposaptono, S., Budiman., & A. Firdaus. 2009. Menyasati Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Buku Ilmiah Populer, Bogor, hlm. 50-133.

- Dyer, K. R. 1990, *Estuaries A. Physical Introduction*. John Willey & Sons. New York.
- Ervita, K., & Marfai, M. A. (2017). Shoreline Change Analysis in Demak, Indonesia. *Journal of Environmental Protection*, 8(08), 940.
- Fajar, E., S. Heny, M. Murdahayu. 2014. Kajian sebaran ukuran butir sedimen di perairan Gresik, Jawa Timur. *Jurnal Oseanografi*, 3(4):596-600,
- Fisher, R.V., 1960, "Classification of volcanic Breccias", *Bull AAPG* vol 71, pp 973-982. July 1960, "Proposed Classification of Volcaniclastic sediment and rocks", *Bull AAPG* : 1409-1413.
- Folk, R.L., W.C. Ward. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain-size parameters. *Journal of Sediment and Petrology*, 27:3-26p.
- Folk, R.L. 1968. *Petrology of sedimentary rock*. Hemphill Publishing Company. Austin. 170p.
- Haight, M. E. 1995. *Municipal Solid Waste Management Waterloo*. University of Waterloo Press.
- Hakim I., Fiqigozari M., & Pranoto S, Nugroho P. 2014. Perencanaan Perlindungan Pantai Demak. *Jurnal karya Teknik Sipil*. Universitas Gajah Mada
- Hartoko, A. 2000, *Teknologi Pemetaan Dinamis Sumberdaya Ikan Pelagis Melalui Analisis Terpadu Karakter Oseanografi dan Data Satelit NOAA, Landsat_TM dan SeaWIFS_GSFC di Perairan Laut Indonesia.*, Dewan Riset Nasional, Kementerian Riset dan Teknologi, Jakarta.
- Herawati, V.E. 2008. Analisis Kesesuaian Perairan Segara Anakan Kabupaten Cilacap Sebagai Lahan Budidaya Kerang Totok (*Polymesoda erosa*) Ditinjau Dari Aspek Produktifitas Primer Menggunakan Penginderaan Jauh. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Holme, N. A. and A. D. Mc Intyre. 1984. *Methods for The Study of Marine Benthos* 2nd edition. Blackwell Scientific Publication. Oxford. 387 hlm.
- Hopkins, J. S., Sandifer, P. A., & Browdy, C. L. 1994. Sludge Management in Intensive Pond Culture of Shrimp: Effect of Management Regime on Water Quality, Sludge Characteristics, Nitrogen Extinction, and Shrimp Production. *Aquacul. Eng.* 13(1): 11-30, Doi : 10,1016/0144-8609(94)90022-1.
- IPCC, 2007. *Climate Change: the physical science basis. Summary for policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment 43 Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*, WMO-UNEP, 21 p.

- Istiqomah S., Sasmito B., & Ammourahman F. 2016. Pemantauan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi DSAS Studi Kasus: Pesisir Kabupaten Demak. Jurnal Geodesi. UNDIP
- Klein, R.J.T., R.J. Nicholls, 1999. Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change. *Ambio*, 28 (2), 182-187
- Krismono. 2010, Hubungan Antara Kualitas Air Dengan Klorofil-A Dan Pengaruhnya Terhadap Populasi Ikan Di Perairan Danau Limboto. *LIMNOTEK* (2010) 17 (2) : 171-180,
- Lu, F. C. 1955. Toksikologi Dasar, (Terjemahan oleh Adi Nugroho). Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Manahan, Stanley E. 1994. Environmental Chemistry. (6th Ed.). Boston. Lewis Publisher.
- Manumono, D. 2007. Dampak Abrasi Dan ROB Terhadap Perilaku Masyarakat Kawasan Pesisir Di Kabupaten Demak. Instiper. Yogyakarta.
- Mays, L. W. 1996. Water Resources Handbook 1st Edition. Editor in Chief. McGraw Hill.
- Metcaft, M., Eddy, E. 1991. Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse. New Delhi: McGraw-Hill Book Company.
- Nontji, A. 1993. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan, Jakarta
- Nugroho, H, S dan Abdul Basit. 2014. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol.6: 229-240p.
- Ongkosongo, O.S.R., & Suyarso. 1989. Pasang Surut. Jakarta :LIPII.
- Pettijohn, F.G., P.D. Potter dan R. Siever. 1972. Sand and Sandstone. Springer, New York. 618p.
- Poerbandono., Djunarsah, E. 2005. Survey Hidrografi. Refika Aditama: Bandung
- Pratomoatmojo, N.A., Sianturi, R.S. 2011. Facing climate change: coping strategies by coastal communities in Sayung-Demak, Indonesia. CNRD Brief.
- Purwaningsih, F. D., Saraswati, T. R., & Soeprbowati, T. R. 2015. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, dan Cr pada Air dan Sedimen di Perairan Pesisir Sriwulan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Seminar Nasional Biologi II tahun 2015 bidang Pemanfaatan Sumberdaya Hayati dan Peningkatan Kualitas Lingkungan. Semarang-Indonesia.
- Raditya A. Tridipta. 2014. Dampak Pembangunan Di Kawasan Pesisir Kecamatan Sayung Studi Kasus Kecamatan Kendari Barat Kecamatan Sayung, Jawa Tengah. Kompas, 10 November 2014

- Rajabidfard, Abbas., I.P.Williamson. 2000, Spatial Data Infrastructures: Concept, SDI Hierarchy and Future Directions. Melbourne, Victoria: Spatial Data Research Group, Department of Geomatics, The University of Melbourne
- Richard, A D, JR. 1992. Depositional Sistem an Introduction to Sedimentology and Stratigraphy 2 nd, Prastise Hall Inc. New Jersey. 604 hlm.
- Rifardi. 2008. Tekstur Sedimen Sampling dan Analisis, Universitas Riau Press.
- Riyadi, A., Widodo, L., & Wibowo, K. 2005. Kajian Kualitas Perairan Laut Kota Semarang dan Kelayakannya untuk Budidaya Laut. J. Teknik Lingkungan P3TL BPPT. 6(3): 497-501.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai salah satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. Bidang Dinamika Laut. P2O LIPI. Jakarta.
- Sanchez-Ccabeza, J.A., Masque, P., Schell, W.R., Palanques, A., Valiente, M., Palet, C., OBIol, R.P., and Cano, J.P.1993. Record of anthropogenic environmental impact in the continental shelf north of Barcelona city. Proceeding of a symposium. IAE.
- Sawyer, C. N., Peer, L. M., & Gene, F. P. 2003. Chemistry for Environmental Engineering and Science. 5th Edition. Boston. McGraw-Hill.
- Selley, R. C. 1988. Applied of Sedimentology. Academic Press. London
- Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt- clay rations. J. Sed. Petro., 24(3):151-158.
- Sidqi, M., Tandjung, S. D., dan Nitimulyo, K. H. 2003. Analisis Kualitas Lingkungan Perairan Berdasarkan Komunitas Meiobentos dan Kualitas Sedimen di Pantai dan Area Pertambakan, Pesisir Sriwulan Kabupaten, Demak. Manusia dan Lingkungan. 10(3):111-119.
- Sihombing, I. N., Hutabarat, S., & Sulardiono, B. 2015. Kajian Kesuburan Perairan Berdasarkan Unsur Hara (N, P) dan *Fitoplankton* di Sungai Tulung Demak. Diponegoro Jurnal of Maquares. 4(4): 119-127.
- Subandono, 2009 dalam <http://sains.kompas.com>.
- Suprijanto I. 2003. Kerentanan Kawasan Tepi Air terhadap Kenaikan Permukaan Air Laut, Kasus Kawasan Tepi Air Kota Surabaya. Dimensi Teknik Arsitektur 31 (1) :28-37
- Susanto, K. E. 2010, Proyeksi Kenaikan Permukaan Laut dan Dampaknya terhadap Banjir Genangan Kawasan Pesisir (Studi Kasus : Wilayah Pesisir Demak, Provinsi Jawa Tengah). Tesis Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Susiati, H., Ali, A. L., Yarianto, SBS., Fepriadi, F., Sarmin, S. 2007. Aplikasi Teknik Nuklir Untuk Studi Geokronologi Sedimen di Perairan Pantai Lokasi Tapak PLTN Ujung Lemahabang, Semenanjung Muria. Proseding Seminar Nasional Teknologi Pengolahan Limbah VI Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN, Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi-Ristek.
- Sverdrup, H.U. M.W.John dan R.H. Fleming. 1972. The Ocean, Their Physics, Chemistry and General Biology. Dodem Asia Edition. Prentice-Hall. Inc N.J. Charles. E. Tuttle. Tokyo. 1087 pp.
- Talley L.D., Pickard G.L., Emery W.J., Swift J.H., 2011. Descriptive Physical Oceanography: An Introduction (Sixth Edition), Elsevier, Boston, 560 pp. Triatmodjo, Bambang. 2014. Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.
- Umaly, R. C., M. A. L. A. Cuvin. 1988. Limnology. National Book Store Publisher. Manila. Philiphine.
- Van der Veen, W. E. C. J., & Habing, H. J. 1988. The IRAS two-colour diagram as a tool for studying late stages of stellar evolution. *Astronomy and Astrophysics*, 194, 125-134.
- Wasilah, A. S., Rukaesih, A., & Deetje, S. 2002. Kimia Lingkungan. Jakarta. Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.
- Wibowo, D.A. 2007. Analisis Spasial Daerah Rawan Genangan Akibat Kenaikan Pasang Surut (Rob) di Kota Semarang. Skripsi (tidak dipublikasikan), Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wibowo, Yudha Arie. 2012. Dinamika Pantai (Abrasi dan Sedimentasi). FTIK Universitas Hang Tuah, Surabaya.
- Wisha, U.J., Yusuf, M., & Maslukah, L. 2014. Sebaran Muatan Padatan Tersuspensi dan Kelimpahan *Fitoplankton* di Perairan Muara Sungai Porong Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Oseanografi*. 3(3): 454-461.
- Wisha, U. J., A. Heriati. 2016. Analisis Julat Pasang Surut (*Tidal Range*) dan Pengaruhnya Terhadap Sebaran Total Sedimen Tersuspensi (TSS) di Perairan Teluk Pare. *Jurnal Kelautan*. 9(1): 23-31.
- Wulandary, S. Y., Yusuf, M., & Muslim. 2014. Kajian Konsentrasi dan Sebaran Parameter Kualitas Air di Perairan Pantai Genuk, Semarang. *Bull. Ose. Mar.* 3(1): 9-19.
- <http://antarasultra.com/print/263289/sultra-siapkan-rp17-miliar-keruk-teluk-kendari>.
(diakses tanggal 15 Maret 2015)
- <https://bangwilsultra.wordpress.com/category/revitalisasi-teluk-kendari/>

(diakses tanggal 3 Agustus 2015)

<https://ilhamqmoehiddin.wordpress.com/2010/01/11/krisis-teluk-kendari>.
(diakses tanggal 17 Maret 2015)

http://issuu.com/kendarinews/docs/kendari_pos_edisi_15_juni_2012.
(diakses tanggal 23 April 2015)

<http://pusriskel.litbang.kkp.go.id/index.php/en/peta-kerentanan-pesisir-nasional?download=182%3Apeta-indeks-kerentanan-pesisir-indonesia>. (diakses tanggal 17 Juli 2018)

DAFTAR ISTILAH

Abrasi	: Erosi oleh air laut
ADCP	: Acoustic Doppler Current Profiler
Akresi	: Penambahan daratan pada garis pantai
Akuatik	: Semua yang berada dibawah air
Amplitudo	: Besar osilasi elevasi muka air
Antropogenik	: Segala sesuatu yang besumber dari darat
Arus	: Perpindahan massa air karena sebab fisis
Batimetri	: Profil kedalaman perairan
Biota	: Organisme biogenik
<i>Breaking</i>	: Pecah (Gelombang)
<i>Breakwater</i>	: Bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah daratan dari gangguan gelombang laut.
<i>Channel</i>	: Jalur penjalaran gelombang
<i>Datum</i>	: Berbagai varian informasi yang dimiliki oleh entitas aktual
Debit	: Sejumlah besar volume air yang mengalir dengan sejumlah sedimen padatan
Deposit	: Pengendapan (sedimen)
Ekologis	: Aspek ekologi perairan
Elevasi	: Level muka air
Erosi	: Pengikisan zat padat secara fisika dan kimia
Estuari	: Wilayah subur di muara sungai
<i>Fetch</i>	: Daerah pembangkita gelombang
Fluks	: Fenomena perpindahan
<i>Formzahl</i>	: Bilangan untuk menentukan tipe pasang surut berdasarkan komponen pasang surut utama
Fraksi	: Bagian kecil/ pecahan
Gelombang	: Bentuk muka laut yang membentuk pucak dan lembah gelombang
GIS	: <i>Geographic Information System</i>
Gosong	: Bentukan daratan yang terkurung atau menjorok pada suatu perairan
Hilir	: Akhir aliran sungai (muara)
Hulu	: Sumber awal aliran sungai
Inisiasi	: Membangkitkan
KKP	: Kementerian Kelautan dan Perikanan
Koefisien refraksi	: Nilai yang diperoleh karena gelombang membentuk sudut terhadap garis pantai
Koefisien refleksi	: Perbandingan energi gelombang datang dan gelombang pantul
Koefisien <i>shoaling</i>	: Nilai kenaikan tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman
Kontinuitas	: Fluida ideal bergerak atau mengalir didalam suatu ruang
Konvergensi	: Penyempitan yang mengakibatkan peningkatan kecepatan aliran

Kurtosis	: Derajat keruncingan suatu distribusi
Lag	: Hambatan dalam sebuah proses
<i>Landsat</i>	: Rentetan citra satelit Bumi yang dikembangkan oleh USGS dan NASA
LRSDKP	: Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir
Massa	: Pengukuran berapa banyak materi dalam suatu objek
Mineral	: Padatan senyawa kimia homogen, non-organik, yang memiliki bentuk teratur (sistem kristal) dan terbentuk secara alami
Momentum	: Besaran yang berhubungan dengan kecepatan dan massa suatu benda
<i>Onshore</i>	: Didarat
Osilasi	: Variasi periodik terhadap waktu dari suatu hasil pengukuran
Pasang surut	: Naik turunnya level muka laut karena faktor astronomis
Perbani	: Bulan Mati
<i>Permeable dam</i>	: Struktur pelindung pantai yang dapat meredam gelombang dan dapat dilewati oleh sedimen perairan
Prakondisi	: Kondisi sebelum pengamatan
Purnama	: Bulan Penuh
Revetmen	: Struktur pelindung pantai dengan posisi sejajar garis pantai
Sedimen	: Batuan yang terbentuk sebagai hasil pemadatan endapan yang berupa bahan lepas
Sedimentasi	: Terbawanya material hasil dari pengikisan dan pelapukan oleh air, angin atau gletser ke suatu wilayah yang kemudian diendapkan
<i>Skewness</i>	: Derajat ketidaksimetrisan suatu distribusi
Sortasi	: Pemilahan ukuran butir sedimen
<i>Surge</i>	: Lonjakan
Suspensi	: Melayang
<i>Tide gauge</i>	: Alat pengukur pasang surut berdasarkan perubahan tekanan
TSS	: <i>Total Suspended Sediment</i>
Turbulensi	: Sebuah keadaan yang ditandai ketidakstabilan (disorder) dan keacakan (randomness) pergerakan di setiap skalanya
Vegetasi	: Istilah untuk keseluruhan komunitas tetumbuhan di suatu tempat tertentu
<i>Velocity</i>	: Kecepatan

INDEKS

A

Abrasi, 10, 13, 22, 23, 73
Akresi, 10, 13, 22, 31, 73, 111
Arus, 15, 35, 38, 42

B

Batimetri, 34, 36, 70

C

Channel, 70

D

Debit, 29, 111, 114

E

Elevasi, 36
Erosi, 22, 27, 71, 96

F

Fetch, 68
Formzahl, 15, 38

G

GIS, 21

H

Homogen, 17

I

Intensitas, 23, 31

K

Kontinuitas, 17

L

Landsat, 58, 71

M

Morfologi, 10, 34, 94, 114

P

Perbani, 14, 43, 44
Permiabile dam, 44

S

Sedimen, 24, 48, 70, 84, 96

T

Topografi, 10, 29, 100, 113
TSS, 46, 52
Turbulensi, 19, 23, 48, 52, 57

V

Vegetasi 31, 89, 93

Z

Zona, 21, 90, 119

BIOGRAFI PENULIS

Koko Ondara



Koko Ondara, Amd.Kom, S.Si, MT lahir pada tanggal 31 Desember 1983 di Kota Medan, Sumatera Utara. Putra pertama dari pasangan Bapak Roy Barry, A.Pi dan Ibu Sujati ini menjalani masa Taman Kanak-Kanak di TK Cempaka Balai Selasa, Pesisir Selatan, Sumatera Barat. Pendidikan Sekolah Dasar di selesaikan di SD Negeri yang berada di Kota Medan, SMP Negeri 2 Medan dan SMU Negeri 2 Medan. Peneliti yang juga mencintai musik dan olahraga ini kemudian melanjutkan tingkat kuliah S1 di Jurusan Fisika NK, Universitas Negeri Medan pada tahun 2002 dan secara bersamaan juga mengikuti kuliah Diploma 3 Teknik Komputer di STMIK Budidarma, Medan. Selama kuliah beliau aktif di berbagai organisasi dan salah satunya adalah sebagai Ketua Umum *Physics Student Society* Universitas Negeri Medan. Atas dasar ketertarikan beliau terhadap ilmu-ilmu alam serta kekaguman beliau atas potensi kelautan yang ada di Indonesia, pada tahun 2009 melanjutkan tingkat pendidikan Magister Kelautan di Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Bandung. Beliau menikahi istrinya pada tahun 2013, Frahya Minanti Siregar, M.Si yang saat itu juga bersama-sama menimba ilmu di Institut Teknologi Bandung. Beliau saat ini mengabdikan hidupnya sebagai seorang Peneliti Teknik Kelautan di Badan Riset dan Sumber Daya Manusia, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Dengan bidang keahlian bidang pesisir dan kelautan khususnya pemodelan kerentanan pesisir dan mitigasi bencana, beliau telah menghasilkan banyak publikasi karya tulis ilmiah bersama para kolega-koleganya. Hingga saat ini beliau masih aktif sebagai peneliti di Loka Riset Sumberdaya dan Kerentanan Pesisir, BRSDM di Kota Padang, Sumatera Barat.

Ruzana Dhiauddin



Ruzana Dhiauddin, M.Sc. lahir pada tanggal 27 Juli 1988 di Banda Aceh, Nanggroe Aceh Darussalam. Anak kedua dari Bapak Dhiauddin Ishaq dan Ibu Fauziah Hanum ini menghabiskan masa kanak-kanak hingga remaja di kota kelahirannya. Beliau memulai pendidikannya dari Taman Kanak-Kanak Perwanida, Madrasah Ibtidaiyah Negri (MIN) I dan Madrasah Tsanawiyah Swasta (MTsS) Darul Ulum Banda Aceh. Sedangkan pendidikan menengah atas ditempuhnya di dua sekolah yaitu di Madrasah Aliyah Negeri (MAN) I Banda Aceh (2003 – 2004), SMA 3 Langsa, Aceh Timur, selama masing-masing satu setengah tahun (2004 – 2006), dikarenakan kejadian tsunami yang melanda Banda Aceh pada 2004 silam. Wanita yang memiliki hobi membaca dan memasak ini melanjutkan pendidikan sarjananya di MIPA Matematika Universitas Syiah Kuala (UNSYIAH) Banda Aceh dalam kurun waktu 2006 – 2011, kemudian pada 2012 memperoleh beasiswa PEMDA Aceh untuk pendidikan master bidang Penginderaan Jauh yang ia tempuh di National Central University, Taiwan. Sepulangnya dari merantau, pada tahun 2015 beliau menikah dengan Febri Rahadi, pemuda Aceh yang juga menyelesaikan masternya di Taiwan. Saat ini beliau aktif bekerja di Kementerian Kelautan dan Perikanan sebagai Peneliti Penginderaan Jauh di Loka Riset Sumberdaya dan Kerentanan Pesisir (LRSDKP) di Kota Padang, Sumatera Barat.



AMaFRaD  PRESS

Diterbitkan oleh: AMAFRAD Press-
Badan Riset dan Sumberdaya 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
No Anggota IKAPI : 501/DKI/2014

P-ISBN 978-602-5791-44-4

e-ISBN 978-602-5791-45-1

