

PEDOMAN PRAKTIKUM ILMU BAHAN TEKNIK

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

PEDOMAN PRAKTIKUM ILMU BAHAN TEKNIK

**Penulis:
Rezza Ruzuqi**

**Editor :
Dr-Ing Widodo S. Pranowo, M.Si**

AMaFRaD  PRESS

PEDOMAN PRAKTIKUM ILMU BAHAN TEKNIK

Penulis : Rezza Ruzuqi

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

Desain Sampul :
Rezza Ruzuqi

Penata Isi :
Rezza Ruzuqi

Jumlah Halaman :
viii + 60 halaman

Edisi/Cetakan:
Cetakan Pertama, 2021

ISBN : 978-623-6464-28-1
e-ISBN: 978-623-6464-27-4

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

© 2021, Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT sehingga penyusun dapat menerbitkan modul petunjuk praktikum ilmu bahan teknik. Modul ini bersumber dari beberapa buku petunjuk praktikum ilmu bahan yang kemudian disusun menjadi satu sebagai pedoman praktikum mahasiswa Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong. Modul ini disajikan bagi mahasiswa baru atau CATAR (Calon Taruna) Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong.

Diharapkan dengan terbitan buku ini, mahasiswa Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong dapat dengan mudah memahami suatu materi kuliah yang diberikan di kelas oleh para Dosen.

Tiada gading yang tak retak, begitulah menurut paribahasa. Kami menyadari, sebagai manusia biasa yang tidak luput dari kesalahan dan kekurangan dalam menyusun petunjuk praktikum ini, karena tidak ada hasil karya manusia yang sempurna. Untuk itu, penyusun menerima saran dan kritik membangun dari semua pihak guna penyempurnaan buku ini selanjutnya.

Terima kasih kami sampaikan kepada Direktur, PUDIR I, Ketua Program Studi, para Dosen serta taruna yang telah banyak menyumbangkan tenaga maupun gagasan dalam mengelola Fasilitas Praktikum Ilmu Bahan Teknik yang ada di Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong ini. Semoga amal kita semua diterima oleh Allah SWT sebagai amal sholeh. Dan pedoman ini membawa keberkahan dan manfaat bagi kita. Aamiin yaa Robbal alamiin.

Sorong, Februari 2021

Penyusun

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada : Dr. Ing Widodo S. Pranowo, M.Si, Prof. Dr. Ketut Sugama, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Sonny Koeshendrajana, Prof. Dr. Ir. Ngurah N. Wiadnyana, DEA., Dr. Singgih Wibowo, M.S, dan Dr. Ir. I Nyoman Suyasa, M.S yang telah mengoreksi dan memberikan masukan kepada Penulis sehingga modul Petunjuk Praktikum Ilmu Bahan Teknik ini menjadi lebih sempurna dan penyajian materi modul yang lebih baik.

Ucapan terima kasih juga Penulis sampaikan kepada Kepala Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan serta jajarannya atas bantuannya secara administratif dan teknis, Direktur Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong, PUDIR I, Ketua Program Studi dan rekan-rekan dosen serta instruktur khususnya dari program studi Mekanisasi Perikanan atas masukan yang berharga bagi penyempurnaan materi modul ini serta atas bantuan dan kerjasamanya dalam penyusunan modul ini.

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
DAFTAR ISI	v
Tata Tertib	vii
Mukadimah	1
BAB 1 TEORI KETAKPASTIAN	9
1.1. KETEPATAN PENGUKURAN	9
1.2. KESALAHAN TERTENTU DAN KESALAHAN TAK TENTU	9
1.2.1. Kesalahan Tertentu	9
1.2.2. Kesalahan Tak Tentu	10
1.3. KETAKPASTIAN HASIL PENGUKURAN	11
1.3.1. Pengukuran tunggal	11
1.3.2. Pengukuran Berulang	11
1.4. ANGKA PENTING (SIGNIFICANT FIGURES) DALAM HASIL AKHIR	13
1.5. KETAKPASTIAN PADA SUATU FUNGSI	14
1.5.1. Ketakpastian pada fungsi satu variable	14
1.5.2. Ketakpastian pada fungsi dua variable	15
BAB 2 JENIS – JENIS BAHAN	23
2.1. LOGAM	23
2.1.1. <i>Ferro</i>	24
2.1.2. <i>Non Ferro</i>	26
2.2. KOMPOSIT	28
BAB 3 PERALATAN	31
3.1. MIKROSKOP	32
3.2. STOPWATCH	34
3.3. TERMOMETER	36
3.4. MULTIMETER	37
3.5. FURNACE	38
3.6. VISKOMETER	40
BAB 4 MATERI PRAKTIKUM	43
4.1. PERCOBAAN I STRUKTUR MIKRO	43
4.2. PERCOBAAN II LAJU PERTUMBUHAN KOROSI	51
4.3. PERCOBAAN III <i>SQUEEZE CASTING</i>	55
4.4. PERCOBAAN IV VISKOSITAS	58
DAFTAR PUSTAKA	64
Indeks	66

Tata Tertib

1. Kehadiran

- Praktikum harus diikuti 100% dari jumlah praktikum yang diberikan. Jika tidak dipenuhi maka praktikum ilmu bahan teknik dinyatakan tidak lulus.
- Ketidakhadiran karena sakit dan/atau ijin harus disertai surat keterangan resmi untuk diserahkan kepada Asisten atau Dosen atau Instruktur paling lambat satu minggu sejak ketidakhadirannya. Jika tidak dipenuhi maka dikenakan SANKSI.
- Keterlambatan kurang dari dua puluh menit dikenai SANKSI.
- Keterlambatan lebih dari dua puluh menit dikenai SANKSI.

2. Persyaratan mengikuti praktikum

- Mahasiswa harus berbusana yang sopan dan rapi. Jika tidak maka sekurang-kurangnya dikenakan SANKSI.
- Mengumpulkan tugas pendahuluan sebelum praktikum berlangsung. Jika tidak dipenuhi maka dikenakan SANKSI.

3. Pelaksanaan praktikum

- Sebelum melakukan praktikum, mahasiswa harus mempersiapkan diri sesuai dengan materi praktikum yang akan dilaksanakan.
- Mahasiswa harus meminjam alat praktikum dengan cara mengisi lembaran bon pinjam alat yang tersedia.
- Selama praktikum berlangsung, mahasiswa dilarang merokok, makan, bergurau, bermain alat, atau pun keluar masuk ruangan tanpa seijin dosen pembimbing atau asisten.
- Setelah melakukan praktikum, mahasiswa harus membuat laporan sementara hasil pengamatan praktikum dan menyerahkannya kepada dosen pembimbing/asisten pada saat meninggalkan ruangan.
- Praktikum dianggap selesai jika mahasiswa telah menyerahkan laporan sementara dan alat yang dipinjam dalam keadaan baik, bersih dan rapi.
- Kerusakan alat yang dipinjam oleh mahasiswa menjadi tanggung jawab penuh kelompok mahasiswa yang bersangkutan.

4. Penilaian

- Nilai praktikum ditentukan dari nilai tugas pendahuluan, tes awal, keaktifan dan keterampilan serta laporan
- Nilai akhir praktikum dihitung dari nilai rata-rata seluruh praktikum yang diikuti.
- Kelulusan praktikum ditentukan berdasarkan nilai akhir praktikum ($AP > 45$) dan keikutsertaan praktikum (80%).

5. Lain-lain

- Mahasiswa tidak diperkenankan pindah kelompok/jam/hari praktikum.
- Praktikum susulan akan dilaksanakan setelah praktikum regular berakhir.
- Tata-tertib berpakaian sopan di dalam ruang praktikum meliputi diantaranya dilarang memakai kaos oblong, sandal, dan sejenisnya.
- Sanksi-sanksi:
SANKSI I: nilai tes awal di NOL kan
SANKSI II: tidak diperkenankan praktikum sehingga nilai modul yang bersangkutan di NOL kan.
- Informasi praktikum fisika dapat dilihat di papan pengumuman kelas.

Sorong, Februari 2021

Penyusun

MUKADIMAH

Ilmu Bahan teknik merupakan interdisiplin ilmu teknik yang mempelajari sifat material, struktur material dan aplikasinya terhadap berbagai bidang ilmu dan teknik. Termasuk ke dalam ilmu ini adalah unsur fisika terapan, teknik kimia, mesin, sipil dan listrik. Ilmu material juga mempelajari teknik proses atau fabrikasi (pengecoran, pengerolan, pengelasan, dan lain-lain), teknik analisis, kalorimetri, mikroskopi optik dan elektron, dan lain-lain), serta analisis biaya atau keuntungan dalam produksi material untuk industri.

Guna meningkatkan pemahaman materi ilmu bahan teknik sangat diperlukan praktikum. Dalam pedoman ilmu bahan ini terdapat beberapa praktikum meliputi berbagai percobaan yang terkait dengan materi yang diberikan dalam perkuliahan. Praktikum bukan hanya bertujuan untuk meningkatkan kualitas dalam ranah psikomotorik mahasiswa, tetapi diharapkan praktikum dapat menunjang penguasaan kognitif maupun afektif mahasiswa.

Praktikum ilmu bahan teknik dimaksudkan untuk menunjukkan jenis dan sifat bahan yang digunakan dalam dunia teknik terutama bidang kelautan dan perikanan. Diharapkan pula agar mahasiswa belajar membuat perhitungan dengan menggunakan alat-alat laboratorium dan mampu menilai ketidaktepatan setiap pengukuran.

Praktikum ilmu bahan teknik akan diamati dan diukur di bawah pengawasan pembimbing. Data yang diperoleh akan dianalisis dan ditafsirkan. Percobaan dalam laboratorium tidak bertujuan untuk membuktikan kebenaran yang ada dalam teori tetapi melihat fenomena dari segi fisika.

MAKSUD PRAKTIKUM ILMU BAHAN TEKNIK :

Maksud dilaksanakannya praktikum ilmu bahan teknik antara lain agar mahasiswa :

1. Memahami ilmu bahan yang dibahas dalam kuliah maupun yang tercantum dalam buku teks,
2. Membiasakan diri menggunakan peralatan laboratorium,
3. Terbiasa mencatat, meringkas, mengolah data dan menafsirkan hasilnya,

4. Terlatih membuat laporan ilmiah, dan
5. Memperoleh pengetahuan awal tentang prosedur kerja dalam riset maupun eksperimen ilmiah.

PERSIAPAN :

Sebelum melakukan praktikum mahasiswa harus telah mempelajari dan memahami tujuan dan gambaran percobaan yang akan dilakukan. Bab yang berhubungan dengan percobaan harap dipelajari dari buku yang ada di perpustakaan. Tugas pendahuluan harus dikerjakan dan dikumpulkan sebelum pelaksanaan praktikum.

CARA KERJA DALAM LABORATORIUM :

Mahasiswa dibagi menjadi beberapa kelompok dalam melakukan praktikum. Sebelum melakukan percobaan, pembimbing akan memberi Tes Awal (*Pre-Test*). Sebelum percobaan dimulai, pembimbing/asisten/instruktur akan memberikan petunjuk seperlunya. Mahasiswa harus melaksanakan prosedur percobaan sesuai dengan pengarahan pembimbing. Pada akhir praktikum, mahasiswa harus membersihkan peralatan dan meja yang dipakai, serta mengatur kursi dengan rapi. Setiap selesai percobaan tiap kelompok harus menyerahkan laporan sementara yang berisi data hasil percobaan. Laporan akhir dibuat secara individu di luar jam praktikum dan harus diserahkan kepada pembimbing/asisten sepekan kemudian (pada permulaan praktikum berikutnya).

Penilaian praktikum (percobaan) berdasarkan atas hal berikut:

1. Tugas pendahuluan (7%)
2. Pre-Test (14%)
3. Praktik/aktivitas dalam laboratorium (21%)
4. Laporan praktikum (28%)
5. Ujian akhir praktikum (30%)

Sedangkan penilaian laporan berdasarkan pada:

1. Kelengkapan dan kebenaran isi laporan (15%)
2. Keterampilan pengukuran/pengamatan yang ditunjukkan oleh jumlah dan kualitas datanya (15%)
3. Pengolahan data (40%)

4. Pembahasan dan penafsiran hasil pengolahan/analisis data serta kesimpulan (20%)
5. Penyajian gambar/grafik dan kerapian penulisan laporan (10%)

LAPORAN

Laporan praktikum berisikan tentang Halaman judul, Isi, dan Lampiran.

Halaman judul memuat perihal berikut;

1. Judul percobaan
2. Nama dan NIT (Nomor Induk Taruna) Mahasiswa, kelompok, beserta pasangannya.
3. Hari, tanggal, jam pelaksanaan
4. Nama dosen pembimbing dan Instruktur/asisten

Isi laporan memuat hal sebagai berikut:

A. TUJUAN

Tujuan menerangkan secara singkat tentang maksud percobaan.

B. DASAR TEORI

Dasar teori memuat tentang konsep, teori maupun hukum dalam bentuk pernyataan maupun rumus yang menjadi ide dasar percobaan. Dasar teori boleh juga menerangkan tentang sistem kerja peranti percobaan.

C. ALAT DAN BAHAN

Alat dan bahan berisikan peranti dan bahan yang digunakan selama percobaan berlangsung. Tetapi alat atau bahan yang tidak digunakan dalam percobaan jangan ditulis, walaupun tertulis dalam buku pedoman.

D. DATA HASIL PENGAMATAN

Mahasiswa harus menyediakan kertas pengamatannya sendiri. Penilaian suatu laporan bergantung pada kerapian mengatur data hasil pengamatan. Pembacaan yang sesungguhnya harus dicatat sebelum mengambil suatu tindakan pada pembacaan itu.

Misalnya, suatu percobaan memerlukan penentuan tambahan panjang suatu pegas vertical yang ditahan pada ujung atasnya, bila ditambahkan berturut-turut beban 100 gram pada ujung bawahnya. Pada ujung bawah

pegas terdapat juga sebuah jarum yang menunjuk pada suatu skala. Pembacaan yang sesungguhnya dari skala yang ditunjuk oleh jarum yang harus dicatat lebih dahulu, pada waktu mengurangi dapat segera diketahui tanpa melakukan kembali seluruh percobaan. Pada umumnya data hasil pengamatan harus dalam bentuk tabel/daftar dengan keterangan di atasnya dan satuan dari angka-angka dalam kolom itu.

Bila suatu pengamatan yang salah tercatat, coretlah dengan garis mendatar melalui pencatatan tersebut lalu tuliskan hasil yang benar didekatnya. Data hasil pengamatan merupakan ringkasan angka-angka yang didapat dari suatu percobaan.

E. ANALISIS/PERHITUNGAN

Data hasil pengamatan/pengukuran perlu diolah untuk mendapatkan nilai besaran yang ingin diketahui yang termuat dalam tujuan. Diperlukan suatu cara menghitung yang benar dengan menggunakan teori ketakpastian, yang akan dibahas dalam bab selanjutnya pada petunjuk ini sehingga dapat diketahui ketepatan hasilnya.

F. PEMBAHASAN

Pembahasan memuat komentar mengenai hasil percobaan, data pengamatan serta hasil perhitungan. Pembahasan dapat pula disertai perbandingan hasil percobaan dengan percobaan yang telah ada (dalam literature/buku/teori) maupun alasan terjadinya penyimpangan atau ketaktepatan.

Jika suatu percobaan disertai grafik, maka tiap penyimpangan yang menyolok dari kurva harus dijelaskan.

G. KESIMPULAN DAN SARAN

Suatu percobaan memiliki tujuan tertentu, karena itu kesimpulan haruslah:

1. Memberikan jawaban terhadap tujuan itu.
2. Ditulis secara singkat dan padat.
3. Saran berisikan tentang masukan/usulan tentang sistem percobaan yang lebih baik agar diperoleh data akurat dan tepat.

H. DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisi tentang literatur yang dijadikan rujukan. Penulisan pustaka mengikuti contoh berikut.

Contoh:

Ayu SA, Gurum AP, Rahmayanti, Dita, dan EM Nindy, Perhitungan Laju Korosi di dalam Larutan Air Laut dan Air Garam 3% pada Paku dan Besi ASTM A36, , .

Ruzuqi, Rezza, 2020, *Tensile Strength Analysis of Polymer Composite Materials Fiber Reinforced in The Fiber boat Application*, *Journal of Research and Opinion*, 2763-2769.

Thompson, Martin, 2006, *Base Metals Handbook*, Woodhead Publishing Limited, England.

Wibowo, Ari, 2016, Analisis Sifat Korosi Galvanik Berbagai Plat Logam Di Laboratorium Metalurgi Politeknik Negeri Batam, *Jurnal Integrasi*, 2085-3858.

I. LAMPIRAN

Lampiran dapat berisi grafik, data dari literatur atau yang lainnya yang dinilai perlu untuk dimuat dalam laporan, sebagai informasi tambahan atau penguat dasar pembahasan, tetapi tidak termasuk dalam unsur utama laporan.

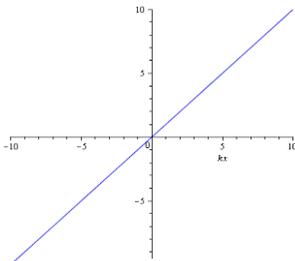
Penyajian data berupa grafik memiliki nilai lebih dari pada tabel. Melalui grafik dapat dengan mudah diketahui hubungan antara variable, titik optimum, maksimum, atau minimumnya serta kemiringannya. Suatu grafik harus selalu mempunyai :

- a. Judul, yang memberi keterangan tentang apa yang dilukiskan oleh grafik itu.
- b. Pemilihan skala yang tepat.
- c. Tiap sumbu ditandai dengan nama besaran dan satuannya. Besaran yang merupakan peubah (variable) bebas dicantumkan pada absis (sumbu-X) dan peubah pada koordinat (sumbu-Y).

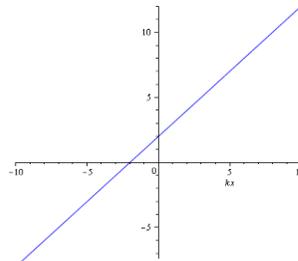
Kedudukan suatu titik tertentu harus ditandai dengan suatu lingkaran kecil dengan titik tersebut di tengahnya. Seringkali tanda titik yang ditulis pada grafik yang digambar dengan tinta tidak nampak.

Kurva kontinu harus digambarkan menuruti semua titik tersebut sedemikian hingga jumlah titik terletak pada suatu pihak kira-kira sama banyak dengan yang terletak pada pihak lain kurva tersebut. Sebab adakalanya kurva tidak tepat melalui lingkaran kecil, garis harus diputuskan, jangan ditarik melaluinya (lihat gambar contoh di bawah). Kebanyakan jenis kurva yang ditemui dalam fisika adalah salah satu jenis kurva berikut:

a. Garis lurus $y = kx$ atau $y = kx + c$, dengan k dan c adalah konstanta.

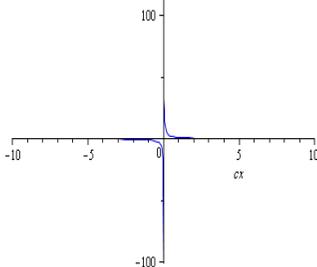


$Y=kx$

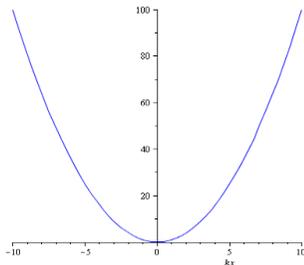


$Y=kx+c$

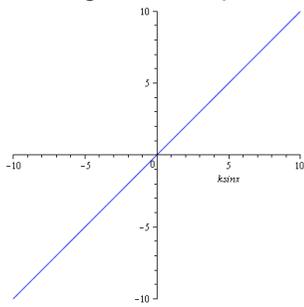
b. Hiperbola $\frac{1}{y} = cx$



c. Parabola $y = kx^2$



d. Kurva trigonometri $y = kz$ dimana $z = \sin x$



BAB 1

TEORI KETAKPASTIAN

1.1. KETEPATAN PENGUKURAN

Pengukuran merupakan aktivitas yang bertujuan untuk mengetahui kualitas atau kuantitas suatu besaran. Pengukuran dalam fisika tidak luput dari ketidakpastian, artinya hasil ukur terhadap besaran fisika pasti memiliki simpangan/deviasi. Hal ini antara lain disebabkan alat yang digunakan oleh manusia dalam pengukuran mempunyai keterbatasan ukur.

Selain karena alat ukur yang digunakan, masih banyak faktor yang mempengaruhi ketidakpastian hasil pengukuran, yang tidak semuanya dapat dihindari. Oleh sebab itu pengukur wajib mengetahui sejauh mana hasil pengukuran dapat dipercaya, kemudian berusaha menghindari kesalahan dalam pengukuran semaksimal mungkin, walaupun ada yang tak dapat dihindari.

Pengukur harus mengetahui kesalahan yang tidak mungkin dihindari, sehingga dalam menyajikan hasil pengukuran, harus pula membuat taksiran tentang ketidakpastian yang ada pada hasil pengukuran tersebut, melaporkannya dengan jujur, sehingga hasil pengukuran dapat dinilai dan dipercaya. Dalam segala macam pengukuran selalu timbul pertanyaan “Berapakah ketepatan hasil pengukuran itu?” Pertanyaan ini identik dengan “Berapa dekatkah hasil pengukuran itu dengan nilai sebenarnya?”.

Dalam pengukuran ilmiah, perlu sekali dapat mengestimasi ketepatan pengukuran, sebab dengan demikian dapatlah diketahui manfaat hasil pengukuran.

1.2. KESALAHAN TERTENTU DAN KESALAHAN TAK TENTU

Jika anda ingin melakukan pengukuran secara tepat/teliti maka anda harus memperhitungkan ketidakpastian yang mungkin timbul. Ketidakpastian ini dapat terjadi karena dua macam kesalahan, yakni kesalahan tertentu dan kesalahan tak tentu.

1.2.1. Kesalahan Tertentu

Kesalahan tertentu sering pula disebut kesalahan sistematis (*systematic error*). Misalnya mistar yang digunakan mengukur besaran panjang, mungkin skalanya tidak teratur, atau mungkin suhu peneraan mistar tidak sama dengan suhu pada saat pengukuran

dilakukan. Pada saat menimbang dengan neraca sama lengan mungkin lengannya tidak tepat sama panjang atau mungkin juga gaya ke atas yang dilakukan oleh udara mempengaruhi hasil penimbangan. Kemungkinan seperti ini selalu ada, tetapi dengan cara pengukuran/ penimbangan tertentu kesalahannya dapat diperkecil. Kesalahan semacam ini disebut kesalahan tertentu. contoh yang lain adalah kesalahan kalibrasi, alat, pengamat, dan keadaan fisik.

Pengukur harus mengetahui kesalahan tertentu yang mungkin ada, dan mengambil tindakan untuk mengatasinya. Kesalahan itu tidak mungkin semuanya dapat diatasi. Selain semua kesalahan tersebut, masih ada kesalahan lain yang harus diperhitungkan, yakni kesalahan tak tentu.

1.2.2. Kesalahan Tak Tentu

Kesalahan ini disebut dengan kesalahan acak atau random (*random error*). Walau pengukuran dilakukan dengan cermat, pengukuran ulang dari besaran yang sama tidak memberi hasil yang tepat sama. Hal ini disebabkan karena biasanya angka terakhir pengukuran hanya kira-kira (ditaksir) oleh pengamat.

Beberapa pengukuran yang tidak saling bergantung satu sama lain akan memberikan hasil yang berbeda-beda. Tentunya pengamat harus selalu berusaha agar pengukurannya benar-benar tidak saling bergantung satu sama lain, dan tidak boleh terpengaruh oleh hasil pengukuran sebelumnya. Maka dengan teori ketidakpastian, kesalahan ini dapat dihitung. Makin banyak pengukuran dilakukan, makin tepatlah hasilnya. Beberapa diantara kesalahan tidak tertentu ini ialah gerak *Brown* molekul udara, fluktuasi tegangan jaringan listrik, landasan bergetar, bising, dan latar belakang (*background*) radiasi. Jadi, kesalahan ini bersumber pada sumber gejala yang tidak mungkin dikendalikan atau diatasi semuanya dan merupakan perubahan-perubahan yang berlangsung amat cepat. Sehingga pengaturan atau pengendaliannya di luar kemampuan kita. Oleh sebab itu, tugas kita adalah:

1. Menentukan atau memilih hasil pengukuran sesuai nilai (nilai terbaik) yang dapat menggantikan nilai benar.
2. Menentukan atau memilih nilai lain yang menyatakan atau menggambarkan penyimpangan nilai terbaik dari nilai benar.

Nilai ini menyatakan sampai berapa jauh nilai terbaik dapat dipercaya.

Jadi, untuk mencapai kedua tujuan tersebut, pengukuran harus diulang sebanyak mungkin.

1.3. KETAKPASTIAN HASIL PENGUKURAN

Pernyataan hasil pengukuran bergantung pada cara melakukan pengukurannya dalam hal ini dibedakan pengukuran tunggal dan pengukuran berulang.

1.3.1. Pengukuran tunggal

Pengukuran-pengukuran lamanya benda mendingin, kecepatan komet, dan lain-lain, tidak mungkin dilakukan lebih dari sekali. Oleh sebab itu dilakukan pengukuran lebih dari sekali, mungkin tidak menghasilkan nilai-nilai yang berbeda, misalnya alat yang kasar dipakai untuk mengukur sesuatu yang halus. Oleh sebab itu ukuran ketepatan suatu pengukuran tunggal ditentukan oleh alat yang digunakan. Dalam hal ini hasil pengukuran dilaporkan sebagai:

$$(x \pm \Delta x) \quad (1)$$

Dengan x menyatakan hasil pengukuran tunggal dan Δx adalah setengah nilai skala terkecil alat ukur. Misalnya hasil pengukuran besaran panjang dengan mistar adalah $(3,5 \pm 0,05)$ cm sebagai interpretasi, ada kepastian (keyakinan) 100%, bahwa nilai benar x_0 berada diantara $(x - \Delta x)$ dan $(x + \Delta x)$.

1.3.2. Pengukuran Berulang

Kiranya kita patut bersikap kurang percaya terhadap hasil pengukuran tunggal. Makin banyak pengukuran dilakukan, makin besarlah tingkat kepercayaan terhadap hasilnya. Dengan melakukan pengukuran berulang diperoleh lebih banyak nilai benar x_0 , sehingga nilai tersebut dapat didekati dengan teliti. Nilai benar baru dapat diketahui bila dilakukan pengukuran yang tidak terbilang banyaknya, tetapi hal ini tidak mungkin dilakukan karena alatnya sudah rusak atau aus sebelum pengukuran selesai dilakukan. Dengan demikian nilai benar tidak mungkin dapat diketahui. Oleh sebab itu setiap pengukuran menghadapi empat hal berikut:

- Berapa banyak pengukuran harus dilakukan?
- Nilai mana yang dipilih sebagai nilai terbaik itu dari nilai benar dan bagaimana cara menentukan simpangan tersebut?
- Berapa simpangan nilai terbaik itu dari nilai benar dan bagaimana cara menentukan simpangan tersebut?
- Hubungan apakah yang ada antara nilai terbaik dan tingkat kepercayaan di satu pihak, dengan jumlah pengukuran yang dilakukan di pihak lain?

Pada pengukuran berulang akan dihasilkan nilai-nilai x yang disebut sampel suatu populasi x_0 yaitu $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. Dari nilai-nilai x atau sampel tersebut, manakah yang dipakai sebagai nilai terbaik (\bar{x}), dan beberapa ketakpastiannya (Δx)?. Nilai rata-rata sampel ($\langle x \rangle$) dianggap sebagai nilai terbaik pengganti nilai populasi x_0 yang mungkin ditemukan dari pengukuran. Pada suatu keyakinan tertentu, nilai benar ada di dalam $(x \pm \Delta x)$. Menurut statistika (lihat gambar), $x_0 = \langle x \rangle$, yaitu nilai rerata sampel, dengan:

$$\langle x \rangle = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

pada pengukran berulang dengan n jumlah pengukuran, simpangan baku Δx dinyatakan oleh:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - n(\bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

satuan Δx sama dengan satuan x . Hasil akhir pengukuran selalu dinyatakan dengan;

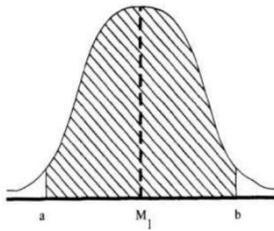
$$x = \langle x \rangle \pm \Delta x \quad (4)$$

cara lain untuk menyatakan ketakpastian ialah dengan menyebutkan ketakpastian nisbi/relatifnya, yaitu:

$$\frac{\Delta x}{x} \quad (5)$$

yang tidak mempunyai satuan, yang kadang-kadang dinyatakan dalam proses, yaitu:

$$\frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (6)$$



Ketidakpastian relative berhubungan dengan ketelitian (*precision*) pengukuran yang bersangkutan; makin kecil ketidakpastian makin besar ketelitian pengukuran tersebut. Ketidakpastian relative sebesar 1% dikatakan lebih teliti dari pada pengukuran yang menghasilkan ketidakpastian relative 5%. Jadi, ketidakpastian relative mengandung informasi yang lebih banyak dari pada ketidakpastian mutlak.

1.4. ANGKA PENTING (SIGNIFICANT FIGURES) DALAM HASIL AKHIR

Misalkan pengukuran x menghasilkan $x = \frac{22}{7} = 3,1428 \dots$ jumlah angka yang harus dilaporkan bergantung pada ketelitian pengukurannya, dalam hal ini ialah Δx . Jika Δx diketemukan 0,01 maka x harus dilaporkan sebagai $x = (3,14 \pm 0,01)$. Dengan $\Delta x = 0,01$ diartikan bahwa angka 3 dan 1 pada x diketahui dengan pasti, sedangkan angka 4 mulai diragukan sehingga angka selebihnya yaitu 2,8,... Dst, diragukan sama sekali.

Kebiasaan dalam hal ini ialah menghilangkan semua angka (termasuk angka 0) yang terletak di belakang angka-angka yang diragukan, yaitu 2,8,... dst. Besaran x pada contoh di atas dikatakan memiliki tiga angka penting yaitu 3,1, dan 4.

Jika ditinjau dari ketelitiannya, pengertian $x = 3,1$ berbeda dengan 3,10. Pada $x = 3,1$ angka tiga diketahui dengan pasti, sedangkan angka 1 diragukan. Pada $x = 3,10$ angka 3 dan 1 diketahui dengan pasti, sedangkan angka 0 diragukan. Hasil pengukuran $x = 3,10$ lebih teliti daripada hasil pengukuran $x = 3,1$.

Ketelitian suatu pengukuran sering dinyatakan dalam %. Missal suatu pengukuran menghasilkan $(\frac{22}{7} \pm 1\%)$. Jadi $\bar{x} = 3,142$ dan $\Delta x = 0,0314$.

Ketelitian dalam persen ini dinyatakan hanya dalam satu angka penting saja, yaitu 1%, dan bukan dengan dua angka penting, yaitu 1,0%. Sehingga x harus memiliki hanya satu angka penting saja dan tidak boleh lebih, yaitu $\Delta x = 0,33$. Jadi, x harus dilaporkan sebagai $x = (3,14 \pm 0,03)$.

Sebenarnya tidak ada cara yang dapat dikatakan tepat dalam menulis hasil pengukuran, karena banyak bergantung pada selera tiap orang. Namun demikian berdasarkan jumlah angka penting pada ketelitian, dapatlah disarankan cara penulisan seperti tersebut di atas. Dalam hal pengukuran yang tidak diulang, nilai dua garis skala terdekat merupakan angka yang diragukan.

Contoh hasil pengukuran panjang balok

I	$x_1(cm)$	$x_1^2(cm^2)$
1	10,1	102,01
2	10,2	104,04
3	10,0	100,00
4	9,8	96,04
5	10,0	100,00
6	10,1	102,01
7	10,0	100,00
8	9,8	96,04
9	10,0	100,00
10	10,0	100,00
11	9,9	98,01
12	10,3	106,09
N $= 12$	$\sum x_1$ $= 120,2$	$\sum x_1^2$ $= 1204,24$

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum x_1}{n} \\ &= \frac{120,2}{12} \\ &= 10,01 \text{ cm} \\ \Delta x &= \sqrt{\frac{\sum x_1^2 - n\bar{x}^2}{(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{1204,24 - 12 \cdot 100,33}{(12-1)}} \\ &= 0,2366 \text{ cm} \\ \bar{x} \pm \Delta x &= (10,01 \pm 0,24) \text{ cm} \end{aligned}$$

1.5. KETAKPASTIAN PADA SUATU FUNGSI

1.5.1. Ketakpastian pada fungsi satu variable:

Jika diperhatikan y sebagai fungsi $x \longrightarrow y = f(x)$, maka x di sini merupakan variable bebas yang diukur, dan y variable tidak bebas yang akan dicari. Nilai benar x_0 tidak dapat diketahui, sehingga nilai benar $y_0 = f(x_0)$ juga tidak dapat diketahui. Dari pengukuran diperoleh nilai terbaik \bar{x} dengan ketelitian Δx sehingga dapat dicari nilai terbaik \bar{y} dengan ketelitian Δy .

$$\begin{aligned}
y &= f(x) \\
&= f(\langle x \rangle \pm \Delta x) \\
&= f(\langle x \rangle) \pm \left[\left(\frac{df}{dx} \right)_{(x)} (\Delta x) + \frac{1}{2} \left(\frac{d^2 f}{dx^2} \right)_{(x)} (\Delta x)^2 + \dots \right] \\
&= f(\langle x \rangle) \pm \left(\frac{df}{dx} \right)_{(x)} (\Delta x) \\
&= \langle y \rangle \pm \left(\frac{df}{dx} \right)_{(x)} (\Delta x) |\Delta y| \\
&= |y - \langle y \rangle| \\
&= \left| \pm \left(\frac{df}{dx} \right)_{(x)} (\Delta x) \right|
\end{aligned}$$

Δx merupakan skala terkecil untuk pengukuran tunggal dan simpangan baku untuk pengukuran berulang.

Contoh : $Y = aX^n$, dengan $n =$ bilangan bulat (fungsi pangkat),
atau pecahan $\frac{dy}{dx} = nax^{n-1}$

$$\text{menurut : } |\Delta y| = \pm \left(\frac{df}{dx} \right)_{(x)} (\Delta x),$$

$$\text{maka, } \Delta y = |nax^{n-1}| (\Delta x)$$

Bagaimana halnya dengan :

$$(1)y = \log x, (2)y = e^x, \text{ dan } (3)y = \sin x$$

1.5.2. Ketakpastian pada fungsi dua variable :

Jika diperhatikan x sebagai fungsi : $z = z(x, y)$, dengan $x = (\bar{x} \pm \Delta x)$ dan $y = (\bar{y} \pm \Delta y)$ masing-masing merupakan hasil pengukuran langsung (variable bebas), dan z adalah besaran yang dicari (variable tidak bebas).

a. Untuk x dan y masing-masing sebagai hasil pengukuran tunggal (nilai skala terkecil):

$$\begin{aligned}
z &= z(x, y) \\
&= z[\langle x \rangle \pm \Delta x, \langle y \rangle \pm \Delta y] \\
&= z(x, y) \pm \left[\left\{ \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_{\bar{x}} (\Delta x) + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_{\bar{y}} (\Delta y) \right\} + \dots \right] \Delta x \\
&= z - \langle z \rangle \\
&= \pm \left| \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_{\bar{x}} \right| |\Delta x| + \left| \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_{\bar{y}} \right| |\Delta y|
\end{aligned}$$

Bagaimana halnya dengan :

$$(1)z = (x - y) \text{ dan } (2)y = x^m y^n$$

Contoh soal :

Percepatan gravitasi suatu tempat akan ditentukan dengan menggunakan percobaan bandul matematik berdasarkan persamaan :

$$T = 2\pi\sqrt{L/g}$$

Pengukuran panjang tali dengan mistar $L = (30,0 \pm 0,05) \text{ cm}$, dan waktu ayunan dengan stopwatch $T = (1,00 \pm 0,01) \text{ sekon}$.

Jawab : Percepatan gravitasi : $g = 4\pi^2 LT^{-2}$

$$\begin{aligned} \langle g \rangle &= 4(3,14)^2(30,0)(1,00)^{-2} \\ &= 1183,15 \text{ cm sekon}^{-2} \Delta g \\ &= \left| \frac{\partial g}{\partial L} \right| |\Delta L| + \left| \frac{\partial g}{\partial T} \right| |\Delta T| \\ &= |4\pi^2 T^{-2}| |\Delta L| + |4\pi^2 L(-2)(T)^{-3}| |\Delta T| \\ &= |4(3,14)^2(1,00)^{-2}| |0,05| + |4(3,14)^2(30,0)(-2)(1,00)^{-3}| |0,01| \\ &= (1,97 + 23,66) \\ &= 25,63 \text{ cm sekon}^{-2} g \\ &= (1183,15 \pm 25,63) \text{ cm sekon}^{-2} g \\ &= (1183,15 \pm 25,63) \text{ cm sekon}^{-2} \\ &= (11,831 \pm 0,256) \times 10^2 \text{ cm sekon}^{-2} \\ &= (11,831 \pm 0,256) \text{ m sekon}^{-2} \end{aligned}$$

Jadi, hasil akhir yang dilaporkan .:

$$g = (11,8 \pm 0,3) \times 10^2 \text{ cm sekon}^{-2} = (11,8 \pm 0,3) \text{ m sekon}^{-2}$$

b. Nilai x dan y masing-masing sebagai hasil pengukuran berulang

Bila x dan y diperoleh dari hasil pengukuran berulang masing-masing dengan simpangan baku $S_{\bar{x}}$ dan $S_{\bar{y}}$, maka

$$\Delta z = \sqrt{S_{\bar{x}}^2} = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_{\bar{x}\bar{y}}^2 S_{\bar{x}}^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_{\bar{x}\bar{y}}^2 S_{\bar{y}}^2} \quad (7)$$

Contoh soal :

Percepatan gravitasi suatu tempat akan ditentukan dengan menggunakan percobaan bandul matematik Dua puluh kali pengukuran periode bandul menghasilkan nilai rata-rata periode $\bar{T} = 1,00$ sekon dengan simpangan baku $0,02$ sekon sedang sepuluh kali pengukuran panjang bandul menghasilkan $\bar{L} = 25,00$ cm, dengan simpangan baku $0,03$ cm. Tentukan g dan Δg
Percepatan gravitasi : $g = 4\pi^2 LT^{-2}$

Jawab :

$$\begin{aligned} g &= 4\pi^2 LT^{-2} \langle g \rangle = 4\pi^2 \langle L \rangle \langle T \rangle^{-2} = 986,96 \text{ cm sekon}^{-2} \Delta g \\ &= \sqrt{S_g^2} = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial L}\right)^2 (S_{(L)})^2 + (4\pi^2 L(-2)T^{-3})^2 (S_{(T)})^2} \\ &= \sqrt{\{4(3,14)^2(1,00)^{-2}\}^2(0,03)^2 + \{4(3,14)^2(25)(-2)(1)^{-3}\}^2(0,002)^2} \\ &= \sqrt{1,402 + 15,585} = \sqrt{16,987} = 4,12 \text{ cm sekon}^{-2} g \\ &= (986,96 \pm 4,2) \text{ cm sekon}^{-2} = (987,0 \pm 4,1) \text{ cm sekon}^{-2} \\ &= (9,87 \pm 0,041) \text{ m sekon}^{-2} \end{aligned}$$

Hasil akhir dalam laporan berbentuk :
 $g = (9,87 \pm 0,04) \text{ m sekon}^{-2}$.

c. Nilai x dan y yang bervariasi, satu variabel hasil pengukuran berulang dan yang lain hasil pengukuran tunggal.

Misal dalam kasus ini x adalah variabel hasil pengukuran tunggal sementara y adalah variabel hasil pengukuran berulang. Jika ini terjadi maka perhitungan ralat Δz sama seperti kasus (b) di atas dengan menuliskan ralat salah satu variabel yang diperoleh dari pengukuran tunggal Δx , sedangkan untuk variabel tetap ditulis simpangan baku S_y .

$$\Delta z = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_{\langle x \rangle, \langle y \rangle}^2 (\Delta x)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_{\langle x \rangle, \langle y \rangle}^2 S_{\langle y \rangle}^2} \quad (8)$$

MENENTUKAN GARIS LURUS MELALUI SEJUMLAH TITIK

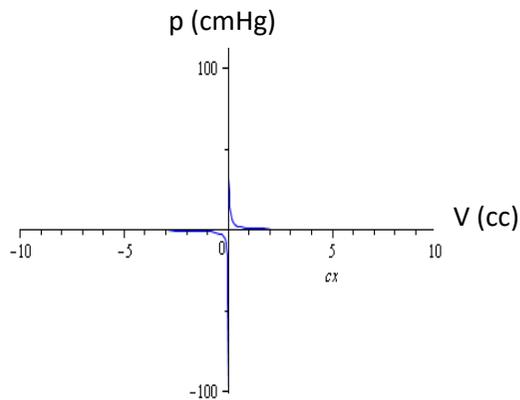
Pengujian rumus dan perhitungan kostanta (koefisien) dalam rumus, selain dapat dilakukan dengan cara-cara analitik tersebut di atas, dapat juga ditentukan secara grafis. Untuk pengujian rumus secara grafis ini adalah yang paling sesuai. Selain itu perlu diingat tiga hal berikut

a. Kertas grafik memiliki ketidakpastian sendiri, yakni $\Delta = \frac{1}{2}$ mm untuk sumbu horizontal dan vertikalnya. Ketidakpastian grafik tidak boleh lebih besar dari ketidakpastian pengukuran x dan y . berapakah Δ grafik ini ? ini bergantung pada besar kecilnya x . kita berpegang pada : grafik harus bernilai sedemikian hingga Δx dapat digambar.

Sebagai contoh : $y = 0,05$ volt, maka dalam arah $-y = \frac{1}{2}$ mm harus bernilai $\geq 0,05$ Volt. Maka 1 cm minimal 10 Volt, kalau tidak $\Delta y = 0,05$ volt tergambar.

b. Grafik yang paling sederhana adalah garis lurus. Maka dari itu rumus yang diuji benar tidaknya diluruskan.

Contoh : Hukum Boyle $pV = c$, kalau p digrafikkan terhadap V hasilnya sebuah hiperbola.



Agak sukar meliahat apakah titik eksperimen terletak pada kurva yang melengkung itu. Tetapi kalau p digrafikkan terhadap $\frac{1}{V}$ diperoleh garis lurus dan mudah untuk melihat apakah hubungan linear itu dipenuhi atau tidak.

c. Kostanta dalam rumus dapat kita peroleh dari grafik lurus, pada *intercept* – nya atau pada *slope* – nya. Misal dalam hukum Boyle: $pV = n R T$, *Slope*-nya $tg a / nT$.

MENENTUKAN GARIS LURUS TERBAIK.

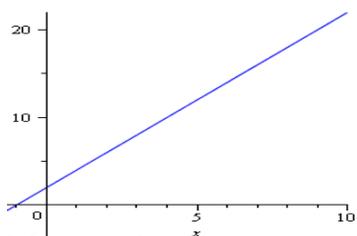
Melalu Titik-titik Percobaan Dengan Cara Kuadrat Terkecil

Misal kita ingin menguji suatu hukum fisika $y = a + bx$ dengan pengukuran berulang terhadap x dan y , mereka pada umumnya tidak akan terletak pada suatu garis lurus. Banyak garis lurus dapat ditarik melalui kawasan ketidakpastian titik-titik itu. Persoalan sekarang: garis manakah garis lurus terbaik dan berapakah ketidakpastian padanya ?

Karena setiap garis ditentukan oleh n dan m tertentu, maka tugas kita adalah menentukan n_t dan m_t (yakni n dan m terbaik) serta Δn dan Δm . Ini kita lakukan secara analitik dengan cara yang dikenal sebagai cara kuadrat terkecil.

Tetapi demi kesederhanaan perhitungan, hanya y lah yang memiliki ketakpastian, sedangkan x dianggap dapat ditentukan dengan ketelitian yang jauh melebihi ketelitian pada penentuan y . Anggapan ini sering terwujud dalam praktek.

Persamaan Regresi Linier : $y = mx + n$



$$m = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (9)$$

$$n = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum (x_i y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (10)$$

Inilah *slope* dan *intercept* garis lurus terbaik yang kita cari.

$$\text{Simpanan baku dalam } m_t \text{ adalah } S_m = \sqrt{\frac{n}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}} \times S_y \quad (11)$$

$$\text{Simpanan baku dalam } n_t \text{ adalah } S_n = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}} \times S_y \quad (12)$$

Dimana :

$$S_y^2 = \frac{1}{n-2} \left[\sum y_i^2 - \frac{\sum x_i^2 (\sum y_i)^2 - 2 \sum x_i \sum (x_i y_i) \sum y_i + n (\sum x_i y_i)^2}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \right] \quad (13)$$

MENGHITUNG REGRESI LINEAR

Untuk membuat grafik linear, interpelasi kelompok data yang telah diperoleh dari percobaan dapat dilakukan dengan regresi. Dengan kalkulator, regresi tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

1. Kalkulator harus mempunyai fasilitas fungsi regresi (LR)
2. Ubah posisi ke LR
3. Data misal : $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots$ dst
4. Masukan data : $(x_1), (x_D, y_D), (y_1)$ (DATA)
 $(x_2), (x_D, y_D), (y_2)$ (DATA)
5. Hasil regresi : $A = \text{INV} (A)$
 $B = \text{INV} (B)$
6. Persamaan regresi : $y = A + Bx$
7. Grafik :
 - a. Grafik dibuat pada kertas blok milimeter dan ditempelkan pada lembar kerja.
 - b. Sumbu grafik (absis-ordinat) diberi nama besaran fisis dengan satuan yang sesuai.
 - c. Skala pada tiap sumbu sesuai dengan rentang data yang ada.
 - d. Titik-titik pengamatan / pengukuran diberi tanda yang jelas.
 - e. Bentuk kurva mengikuti pola persamaan grafik tersebut : linear, parabola, hiperbola, sinusoid, eksponen, dan sebagainya. Tidak harus melalui titik pengamatan / pengukuran. Menggambar bentuk kurva ini dapat dilakukan dengan bantuan persamaan yang diperoleh dari regresi.

Contoh : kalkulator fx-570s

Linear regression (mode 3)

❖ Enter data (4,33), (7,45), (8,46), (1,20)

4	x_D, y_D	33	DATA	7	x_D, y_D	45	DATA
8	x_D, y_D	46	DATA	1	x_D, y_D	20	DATA DATA 20

❖ Correlation coefficient

SHIFT	r	r 0,9941909
-------	---	-------------

❖ y When $x = 10$

10

A

B

Mahasiswa yang mampu menjalankan program *Microsoft Excel* dapat juga menggunakannya untuk menyelesaikan persoalan regresi linear tersebut.

BAB 2

JENIS-JENIS BAHAN

Pendahuluan

Bahan atau material merupakan kebutuhan dasar bagi manusia untuk membuat suatu benda yang bermanfaat bagi kehidupan. Perkembangan peradaban manusia juga bisa diukur dari kemampuannya memproduksi dan mengolah bahan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. (jaman batu, perunggu dsb).

Material engineering (Rekayasa Material) merupakan dasar hubungan struktur dan sifat bahan, mendisain struktur bahan untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, material dibagi dalam beberapa jenis diantaranya adalah Logam, Keramik, Polimer, dan Komposit.

Dalam modul ini, hanya akan membahas material logam dan komposit terutama komposit polimer. Dua jenis material ini sangat sering digunakan di dunia industri, khususnya industri kelautan dan perikanan. Misalkan pada komposit polimer yang sering dijadikan bahan pembuatan perahu fiber oleh sebagian besar pengrajin perahu.

2.1. LOGAM

Pilihan material untuk elemen mesin sangat bergantung pada sifat, biaya, ketersediaan, dan faktor lain semacam itu. Oleh karena itu, penting untuk memiliki gagasan tentang material teknik umum dan propertinya sebelum mempelajari detail prosedur desain.

Bahan teknik umum biasanya diklasifikasikan sebagai logam dan non-logam. Logam dapat dengan mudah dibagi menjadi logam (*ferrous*) dan logam non-besi (*non-ferrous*). Logam besi penting untuk tujuan saat ini adalah besi tuang, besi tempa, dan baja.

Beberapa logam *non-ferrous* penting yang digunakan dalam desain teknik adalah:

- (a) Golongan logam ringan seperti aluminium dan paduannya, magnesium dan paduan mangan.
- (b) Paduan berbasis tembaga seperti kuningan (Cu-Zn), perunggu (Cu-Sn).
- (c) Golongan logam putih seperti nikel, perak, logam bantalan putih misalnya: SnSb7Cu3, Sn60Sb11Pb, seng dll.

2.1.1 *Ferro* (Fe)

Material *Ferro* dapat didefinisikan sebagai logam yang penyusun utamanya adalah besi seperti besi kasar, besi tempa, besi tuang, baja dan paduannya. Bahan baku utama untuk logam besi adalah besi kasar. Bahan besi biasanya lebih kuat dan lebih keras dan digunakan dalam produk kehidupan sehari-hari. Bahan besi memiliki sifat khusus yang karakteristiknya dapat diubah dengan proses perlakuan panas atau dengan penambahan sejumlah kecil elemen paduan. Logam besi memiliki sifat fisik yang berbeda sesuai dengan kandungan karbonnya.

Material *Ferro* terbagi dalam beberapa tipe, diantaranya:

1. *Mild steel* (Baja Ringan)

Logam ulet dan mudah dibentuk. Baja ringan akan cepat berkarat jika sering bersentuhan dengan air. Contoh produk material *Ferro* tipe *Mild steel* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Contoh produk dari material *Ferro* tipe *Mild steel*
(Sumber : fjpwhelan, 2013)

2. *Cast Iron* (Besi cor/tuang)

Merupakan logam yang sangat kuat saat mengalami kompresi dan juga sangat rapuh. Ini terdiri dari 93% besi dan 4% karbon ditambah elemen lainnya. Contoh produk material *Ferro* tipe *Cast Iron* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Contoh produk dari material *Ferro* tipe *Cast Iron*
(Sumber : fjpwhelan, 2013)

3. *High Carbon Steel* (Baja Carbon Tinggi)

Material ini merupakan baja yang sangat kuat dan sangat keras yang memiliki ketahanan tinggi terhadap abrasi. Properti - Kandungan karbon hingga 1,5%. Sangat tangguh. Contoh produk material *Ferro* tipe *High Carbon Steel* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Contoh produk dari material *Ferro* tipe *High Carbon Steel*
(Sumber : fjpwhelan, 2013)

4. *High Speed Steel* (Baja Berkecepatan Tinggi)

HSS merupakan logam yang mengandung tungsten, chromium dan vanadium yang tinggi. Bagaimanapun juga sangat rapuh tetapi juga sangat tahan untuk dipakai. Contoh produk material *Ferro* tipe *High Speed Steel* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Contoh produk dari material *Ferro* tipe *High Speed Steel*
(Sumber : fjpwhelan, 2013)

5. *Stainless Steel* (Baja Tahan Karat)

Stainless steel sangat tahan terhadap keausan dan korosi air serta karat. Properti ini adalah paduan besi dengan 18% kromium 8% nikel dan kandungan magnesium 8%. Contoh produk material *Ferro* tipe *Stainless Steel* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Contoh produk dari material *Ferro* tipe *Stainless Steel*
(Sumber : fjpwhelan, 2013)

2.1.2 *Non Ferro*

Logam non-besi adalah logam yang tidak mengandung besi atau besi dalam jumlah yang signifikan sebagai logam dasar. Logam ini memiliki kekuatan rendah pada suhu tinggi, umumnya mengalami panas pendek dan memiliki penyusutan lebih banyak daripada logam besi. Mereka digunakan dalam industri karena keuntungan berikut:

1. Ketahanan korosi yang tinggi;
2. Mudah untuk dibuat, yaitu mesin, pengecoran, pengelasan, penempaan dan penggulangan;
3. Memiliki konduktivitas listrik dan panas yang sangat baik;
4. Warna yang menarik dan kepadatan rendah.

Berbagai jenis nonlogam yang digunakan dalam industri adalah: aluminium, tembaga, seng, timah, timbal dan lain-lain, serta paduannya.

1. Aluminium

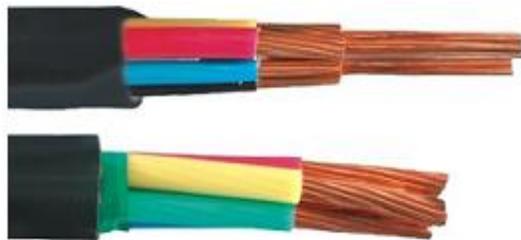
Material ini cenderung berwarna terang meski bisa dipoles penampilan seperti cermin serta memiliki berat sangat ringan. Contoh produk material Aluminium seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Contoh produk dari material Aluminium
(Sumber : fjpwhelan, 2013)

2. *Copper* (Tembaga)

Material ini adalah logam yang ulet dan mudah dibentuk. Biasanya berwarna merah / coklat. Ini adalah konduktor panas dan listrik yang sangat baik. Contoh produk material *Copper* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Contoh produk dari material Copper
(Sumber : fjpwhelan, 2013)

3. *Zinc* (Seng)

Material ini sangat tahan terhadap korosi dari kelembaban. Namun seng adalah logam yang sangat lemah dan digunakan terutama untuk melapisi baja. Contoh produk material *Zinc* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Contoh produk dari material Zinc
(Sumber : fjpwhelan, 2013)

4. *Tin* (Timah)

Material Ini adalah logam yang sangat ulet dan sangat mudah dibentuk. Ini tahan terhadap korosi dari kelembaban. Penampilannya berwarna perak cerah. *Tinplate* adalah baja dengan lapisan timah. Contoh produk material *Tinplate* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9.



Gambar 9. Contoh produk dari material *Tinplate*
(Sumber : fjpwhelan, 2013)

5. *Lead* (Timbal)

Material Ini adalah logam yang lembut dan mudah dibentuk. Material ini juga merupakan salah satu logam berat. Timbal memiliki warna putih kebiruan setelah baru dipotong, tetapi akan segera berubah menjadi warna abu-abu kusam saat terkena udara. Contoh produk material *Lead* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Contoh produk dari material *Zinc*
(Sumber : fjpwhelan, 2013)

2.2. KOMPOSIT

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dengan adanya

perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent*.

Komposit polimer adalah suatu jenis bahan komposit yang terdiri dari matriks polimer dengan penguat polimer. Matriks polimer yang sering digunakan dalam komposit polimer adalah jenis *Polyester Resins*. Sedangkan untuk penguat pada bahan komposit polimer adalah *fiberglass*. Kedua bahan ini sering sekali diaplikasikan ke dalam industri kelautan dan perikanan di Indonesia sebagai bahan utama dalam pembuatan perahu *fiber*.

Tujuan pembuatan material komposit

Berikut ini adalah tujuan dari dibentuknya komposit, yaitu sebagai berikut :

1. Memperbaiki sifat mekanik dan/atau sifat spesifik tertentu;
2. Mempermudah design yang sulit pada manufaktur;
3. Keleluasaan dalam bentuk/design yang dapat menghemat biaya, dan
4. Menjadikan bahan lebih ringan.

Penyusun material komposit

Komposit pada umumnya terdiri dari 2 fasa:

1. Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Gambar 11 menunjukkan contoh matriks pada komposit. Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut :

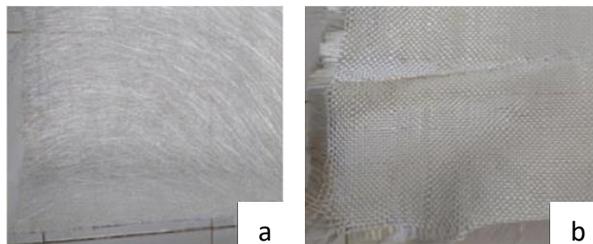
- a) Mentransfer tegangan ke serat.
- b) Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat.
- c) Melindungi serat.
- d) Memisahkan serat.
- e) Melepas ikatan.
- f) Tetap stabil setelah proses manufaktur.



Gambar 11. Contoh matriks pada komposit
(Sumber : Nurun Nayiroh, 2013)

2. Reinforcement atau Filler (Penguat)

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya; Matriks (penyusun dengan fraksi volume terbesar), Penguat (Penahan beban utama), Interfasa (pelekat antar dua penyusun), interfasa (permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain) Secara strukturmikro material komposit tidak merubah material pembentuknya (dalam orde kristalin) tetapi secara keseluruhan material komposit berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan antara matriks dan *filler*. Penguat *fiber* terdiri dari beberapa jenis, diantaranya *Woven Roving*, *Chopped Strand Mat*, *Chopped Strand*, dan *Continuos Roving*. Dari beberapa jenis penguat tersebut, *Woven Roving* dan *Chopped Strand Mat* sering diaplikasikan. Gambar 12 menunjukkan contoh *Reinforcement atau Filler* (Penguat) *fiberglass* jenis *Chopped Strand Mat* dan *Woven Roving*.



Gambar 12. Contoh matriks pada komposit a) Chopped Strand Mat dan b) Woven Roving
(Sumber : Rezza Ruzuqi, 2020)

BAB 3 PERALATAN

Pendahuluan

Dalam fisika dikenal berbagai macam besaran. Besaran tersebut dikelompokkan dalam 2 kategori yakni besaran pokok/dasar dan besaran turunan. Semua besaran fisik dapat dinyatakan dalam beberapa satuan pokok. Pemilihan satuan standar untuk besaran pokok menghasilkan suatu sistem satuan. Sistem satuan yang digunakan secara universal dalam masyarakat ilmiah adalah Sistem Internasional (SI). Berikut klasifikasi besaran-besaran fisika beserta dimensi dan satuannya.

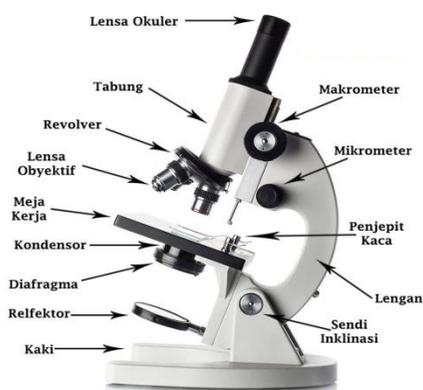
Tabel 1. Besaran fisika, dimensi, dan satuannya.

kategori	Nama Besaran	Dimensi	Satuan SI
Besaran Pokok/Dasar	Panjang	L	m (meter)
	Massa	M	kg (kilogram)
	Waktu	T	s (sekon)
	Kuat Arus	I	A (ampere)
	Intensitas Penyinaran	Cd	cd (kandela)
	Suhu	θ	K (kelvin)
	Jumlah Zat	Mol	mol (mole)
Besaran Turunan	Luas	L^2	m^2
	Volume	L^3	m^3
	Kecepatan	LT^{-1}	ms^{-1}
	Momentum	MLT^{-1}	$kg\ m\ s^{-1}$
	Percepatan	LT^{-2}	$m\ s^{-2}$
	Gaya	MLT^{-2}	$kg\ m\ s^{-2} = N$ (newton)
	Energi, Usaha	ML^2T^{-2}	$kg\ m^2\ s^{-2} = J$ (joule)
	Daya	ML^2T^{-3}	$kg\ m^2\ s^{-3} = J/s = W$ (watt)
	Intensitas	MT^{-3}	$kg\ s^{-3} = W\ m^{-2}$ (watt/m ²)
	tekanan	$ML^{-1}T^{-2}$	$kg\ m^{-1}\ s^{-2} = N\ m^{-2}$, Pa (pascal)

Penggunaan alat ukur pada setiap pengukuran sangat ditentukan oleh macam *kegunaan*, *batas ukur* dan *ketelitian* alat ukurnya. Sebagai contoh untuk mengukur massa suatu benda yang diperkirakan sebesar 50 kg, maka alat yang harus digunakan haruslah timbangan dengan batas ukur minimal senilai massa benda itu. Timbangan tersebut harus memiliki ketepatan pengukuran yang baik, sehingga hasil pengukuran sesuai dengan keadaan sesungguhnya.

Berikut ini adalah karakteristik alat ukur besaran pokok dalam fisika, antara lain jangka sorong, *mikrometer sekrup*, neraca, *stopwatch*, dan thermometer.

3.1. MIKROSKOP



Gambar 13. Bagian-bagian mikroskop
(Sumber : Muhammad Reza F., 2020)

Keterangan Gambar 13 :

- Lensa okuler berfungsi untuk membentuk bayangan maya, tegak, diperbesar dari lensa objektif. Lensa ini terletak dekat dengan mata *observer*/peneliti.
- Makrometer (pemutar kasar) berfungsi untuk menaik-turunkan tabung (tubus) mikroskop dengan cepat.
- Mikrometer (pemutar halus) berfungsi untuk menaik-turunkan tabung mikroskop dengan lambat. Umumnya ukuran mikrometer biasanya lebih kecil dibandingkan dengan makrometer.
- Penjepit kaca berfungsi untuk pelapis objek agar tidak bergeser-geser ketika diamati.

- e. Lengan mikroskop berfungsi untuk pegangan pada mikroskop. Ketika anda ingin memindahkan mikroskop dari satu tempat ke tempat lain, anda bisa membawanya dengan memegang lengan ini.
- f. Sendi *inklinasi* atau pengatur sudut berfungsi untuk mengatur sudut tegaknya mikroskop.
- g. Tabung mikroskop (*tubus*) berfungsi untuk mengatur fokus dan menghubungkan lensa okuler dengan lensa objektif.
- h. *Revolver* berfungsi untuk mengatur perbesaran lensa objektif. Karena umumnya mikroskop memiliki 3 lensa obyektif yang memiliki tingkat perbesaran yang berbeda-beda.
- i. Lensa objektif berfungsi untuk membentuk bayangan nyata, terbalik, dan diperbesar. Lensa ini berada di dekat objek yang diamati. Pembesaran dari lensa objektif bisa diatur dengan menggunakan *revolver* yang ada pada mikroskop.
- j. Meja mikroskop atau meja kerja berfungsi untuk tempat untuk meletakkan objek yang diamati.
- k. Kondensor berfungsi untuk mengumpulkan cahaya. Bagian ini bisa putar dan juga dinaik-turunkan.
- l. Diafragma berfungsi untuk mengatur sedikit banyaknya cahaya yang masuk. Anda dapat mengoperasikannya dengan cara diputar.
- m. *Reflektor* berfungsi untuk memantulkan cahaya dari cermin ke objek yang diamati melalui lubang yang ada pada meja kerja. *Reflektor* terdiri dari 2 jenis cermin, yaitu cermin datar dan cekung.
- n. Kaki/Dudukan mikroskop berfungsi untuk penyangga atau penopang mikroskop.

Kegunaan Mikroskop :

Digunakan untuk mengamati benda-benda yang berukuran mikro seperti sel tumbuhan, hewan, permukaan material dan lainnya.

Contoh Objek Hasil Pengamatan Menggunakan Mikroskop :



Gambar 14. Mikrostruktur Baja Karbon Rendah
(Sumber : Endah Lutfiana, 2011)

3.2. *STOPWACTCH*



Gambar 15. Stopwatch
(Sumber : The Editors, 2019)

Alat ini biasanya difungsikan untuk mengukur lamanya waktu yang dibutuhkan suatu benda untuk bergerak dari titik awal ke titik akhir. *Stopwatch* yang sering digunakan biasa memiliki ketelitian 0,1 s atau 0,2 s. Telepon genggam (HP) biasanya juga disertai fasilitas *stopwatch*. Ketelitian *stopwatch* pada telepon genggam biasanya 0,01 s.

Jenis – jenis *Stopwatch*:

Jenis *stopwatch* ada dua jenis yaitu *stopwatch* analog dan *stopwatch* digital. Dan kedua *stopwatch* tersebut mempunyai fungsi yang sama yaitu untuk mengukur lama waktu. Tetapi ada perbedaan yang hanya terletak pada komponen penyusunnya dan tampilan pembacaannya.

a. *Stopwatch* Analog

Jenis *stopwatch* ini merupakan jenis *stopwatch* manual yang menggunakan jarum penunjuk sebagai penunjuk hasil pengukuran, jarum penunjuk tersebut seperti pada arloji.

b. *Stopwatch* Digital

Adalah jenis *stopwatch* yang menggunakan layar/monitor sebagai penunjuk hasil pengukuran. Dan waktu dari hasil pengukuran dapat kita baca hingga satuan detik.

Ketelitian *Stopwatch*

a. *Stopwatch* analog

Ketelitian alat dapat kita ketahui berdasarkan skala yang tertera pada *stopwatch*. Untuk mengetahui besar ketelitian alat tersebut kita dapat mencarinya dengan membandingkan antara skala utama satu putaran penuh dengan jumlah skala noniusnya dalam satu putaran penuh.

Contoh:

Pada Gambar 16 *stopwatch* yang di presentasikan diketahui jumlah skala utama satu putaran penuh adalah 1 dan jumlah skala nonius satu putaran penuh adalah 60. Dengan demikian dapat diperoleh Ketelitian alat = $1/60$



Gambar 16. Stopwatch Analog

b. *Stopwatch* digital ketelitian alat sudah ditentukan sejak perakitan komponen-komponen dalam *stopwatch* yaitu sebesar 0,0001 sekon seperti yang ditunjukkan Gambar 17.



Gambar 17. Stopwatch Digital
(Sumber : nurhamsyahnyetz, 2021)

3.3. TERMOMETER



Gambar 18. Termometer Raksa

Termometer merupakan alat sederhana dengan fungsi mengukur suhu. Termometer yang beredar di pasaran ada yang berbentuk digital dan ada pula yang masih menggunakan raksa sebagai pengukur suhu seperti yang ditunjukkan Gambar 18. Termometer yang biasa digunakan dalam Laboratorium adalah *Celsius* dengan ketelitian $0,5^{\circ}\text{C}$ atau 1°C . Dalam aplikasinya, termometer paling banyak digunakan mengukur suhu tubuh. Untuk mengukur suhu tubuh, termometer dapat diletakkan di mulut, di dahi, di telinga, atau dicolokkan ke dubur. Aplikasi termometer lain adalah pada oven/*furnace*, mengukur suhu kamar dan lain sebagainya.

Macam – macam termometer

Termometer terdiri dari berbagai macam, diantaranya:

1. Termometer Alkohol.

Salah satu Macam Macam Termometer yaitu Termometer Alkohol dimana isi cairan alat ukur yang digunakan yaitu alkohol. Cairan Alkohol lebih peka dibanding dengan air raksa sehingga pemuaian pada perubahan volume akan terlihat jelas. Termometer yang sering disebut termometer minimum dikarenakan dapat mengukur suhu yang sangat rendah sekalipun. Gambar 19 menunjukkan contoh dari termometer alkohol.



Gambar 19. Termometer Alkohol

2. Termometer Air Raksa.

Jenis termometer yang selanjutnya yaitu termometer air raksa yang merupakan alat pengukur suhu dengan cairan yang menggunakan air raksa sebagai pengisinya. Termometer jenis ini lebih sering digunakan dibandingkan dengan termometer alkohol. Karena alat ukur suhu dapat mengukur hingga suhu yang sangat tinggi.

Jika Anda ingin mengembalikan air raksa ke posisi awal, Anda harus mengocok-ngocok termometer tersebut dengan kuat. Sehingga air raksa akan kembali pada posisi mula-mula atau pada keadaan semula.

3. Termometer Digital

Termometer Digital menjadi salah satu jenis termometer yang paling umum digunakan dan dianggap paling akurat. Alat ukur yang satu ini memiliki beberapa bentuk. Bentuk yang paling umum yaitu berbentuk memanjang dan terdapat sebuah sensor pada ujungnya yang menjadi pengukur suhu ketika menyentuh bagian tubuh seseorang. Sensor panas elektronik ini berguna untuk merekam suhu tubuh baik melalui mulut, ketiak maupun dubur.

3.4. MULTIMETER

Multimeter adalah alat pengukur besaran listrik, seperti hambatan, kuat arus, tegangan, dan sebagainya. Ketelitian alat ini sangat beragam dan bergantung pada besar nilai maksimum yang mampu diukur. Berhati-hatilah dengan alat ini. Perhatikan posisi saklar sesuai dengan fungsinya dan besar nilai maksimum yang mampu diukur. Jika digunakan untuk mengukur tegangan maka alat ini harus dirangkai paralel, colok (+) dihubungkan dengan (+), sedangkan colok (-) dengan bagian (-) nya. Sedangkan jika digunakan untuk mengukur kuat arus yang melalui suatu

cabang rangkaian, maka alat ini harus dirangkai secara seri melalui cabang tersebut.

Jenis Jenis Multimeter

a. Analog

Jenis multimeter yang pertama adalah analog. Ciri-cirinya, pada multimeter analog mempunyai tampilan seperti jarum jam yang dilengkapi range atau nilai dari hasil pengukuran. Multimeter dengan jenis ini mempunyai perhitungan secara manual sehingga membutuhkan ketelitian yang lebih tinggi. Terutama untuk menentukan tegangan listrik atau voltase yang nilainya cukup besar. Gambar 20 merupakan contoh multimeter analog.

b. Digital

Jenis multimeter digital merupakan perkembangan dari yang bertipe analog. Ciri-cirinya, pada multimeter analog mempunyai tampilan LED dan memiliki perhitungan secara otomatis. Jadi kita langsung dapat mengetahui hasil nilai pengukurannya. Multimeter berjenis ini lebih akurat dibanding tipe analog dan mudah digunakannya. Selain mengukur tegangan, resistansi dan arus listrik multimeter digital juga dapat mengetahui nilai pada Hfe transistor dan fungsi tambahan lainnya.



Gambar 20. Multimeter

3.5. FURNACE

Furnace atau juga sering disebut dengan tungku pembakaran adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk pemanasan. *Furnace* sendiri sering di analogikan dengan *furnace* sebagai keperluan industri yang digunakan untuk banyak hal, seperti pembuatan keramik, ekstraksi logam dari bijih (*smelting*) atau di kilang minyak dan pabrik kimia lainnya, misalnya sebagai sumber panas untuk kolom distilasi fraksional.

Macam-Macam *Furnace*

Furnace atau biasa disebut tungku pembakaran memiliki beberapa jenis, diantaranya:

1. *Muffle furnace* adalah tungku pembakaran dimana bahan subyek dan semua produk pembakaran termasuk gas dan abu terisolasi. Kemudian dilakukan pengembangan pemanas listrik pada jenis ini dengan suhu tinggi, elemen dan elektrifikasi yang berkembang di negara-negara maju, sehingga *muffle furnace* sekarang berubah ke listrik dengan cepat.
2. *Salt bath furnace* modern seperti yang ditunjukkan Gambar 21. digunakan untuk sejumlah aplikasi perlakuan panas misalnya: *Preheating*, *Austenitizing*, *Martempering*, *Tempering Nitridasi*, Pengerasan netral, *High-Speed Tool Pengerasan*, karburizing, *heat treatment solution*, *Dip brazing*.



Gambar 21. Salt bath furnace

3. *Vacuum furnace* adalah jenis tungku pembakaran yang dapat memanaskan bahan, biasanya logam, pada suhu sangat tinggi dan melaksanakan proses seperti *sintering*, mematri, dan perlakuan panas dengan konsistensi tinggi dan kontaminasi rendah.
4. *Fluidized-bed furnace* adalah tungku pembakaran yang berbentuk persegi atau silinder dan juga adasebuah tungku Panjang Dari Ruang dan Reaksi Ruang untuk distribusi gas ke perapian atau penyediaan ledakan udara.

3.6. VISKOMETER

Viskometer merupakan peralatan yang dapat digunakan untuk mengukur *viskositas* suatu fluida, untuk cairan dengan *viskositas* yang berbeda kondisi alirannya. Model viskometer pada umum digunakan berupa viskometer bola jatuh, tabung (pipa kapiler) dan sistem rotasi.

Jenis-jenis Alat

Ada beberapa jenis alat viskometer, namun tiga diantaranya jenis viskometer yang sering digunakan sebagai berikut:



**Gambar 22. Viskometer
Ostwald**

1. Viskometer *Ostwald* berkerja dengan konsep kecepatan alir suatu fluida dalam suatu pipa tabung. Semakin kecil kecepatan alir larutan, maka semakin besar nilai *viskositas* (Engel dan Reid, 2006). Salah satu viskometer yang berkerja berdasarkan hukum *Poiseuille* adalah viskometer *Ostwald* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 22. Kegunaan Viskometer *Ostwald* mengukur waktu yang dibutuhkan oleh sejumlah fluida tertentu untuk mengalir melalui pipa kapiler dengan gaya yang disebabkan oleh berat larutan itu sendiri.
2. Viskometer *Cup and Bob* fluida digeser dalam ruangan antara dinding luar dari *bob* dan dinding dalam dari *cup* dimana *bob* masuk persis di tengah-tengah. Kelemahan pada viskometer ini yaitu terjadinya aliran sumbat yang disebabkan oleh geser yang tinggi dibagian tube sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi. Penurunan konterasi berakibat bagian tengah zat yang ditekan keluar memadat. Aliran ini disebut aliran sumbat (Moechtar,1990).
3. Viskometer *Brookfield* ini nilai viskositasnya didapatkan dengan mengukur gaya puntir sebuah rotor silinder (*spindle*) yang dicelupkan ke dalam fluida. Viskometer *Brookfield* memungkinkan untuk mengukur viskositas dengan menggunakan teknik dalam *viscometry*. Untuk mengukur viskositas fluida dalam Viskometer *Brookfield*, bahan harus diam dalam wadah sementara itu poros bergerak sambil direndam dalam fluida (Atkins, 1994).

PERTANYAAN

1. Mengapa tidak boleh menggunakan ujung mistar sebagai skala nol. Dan mengapa harus meletakkan skala mistar berimpit dengan benda yang diukur?
2. Jelaskan pengertian *least count* !
3. Apa artinya suatu alat mempunyai ketelitian $1^{\circ}C$; $0,1g$; atau $0,01\text{ mm}$?

BAB 4

MATERI PRAKTIKUM

4.1. PERCOBAAN I STRUKTUR MIKRO

A. TUJUAN

1. Mengetahui struktur mikro Baja Bohler K110.
2. Mengetahui struktur mikro Komposit Polimer *Fiberglass*.

B. DASAR TEORI

Ilmu logam dibagi menjadi dua bagian khusus, yaitu metalurgi dan metalografi. Metalurgi adalah ilmu yang menguraikan tentang cara pemisahan logam dari ikatan unsur-unsur lain. Metalurgi dapat dikatakan pula sebagai cara pengolahan logam secara teknis untuk memperoleh jenis logam atau logam paduan yang memenuhi kebutuhan tertentu. Sedangkan metalografi adalah ilmu yang mempelajari tentang cara pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur, dan persentase campuran logam tersebut.

Dalam proses pengujian metalografi, pengujian logam dibagi lagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Pengujian makro (*Macroscope Test*)

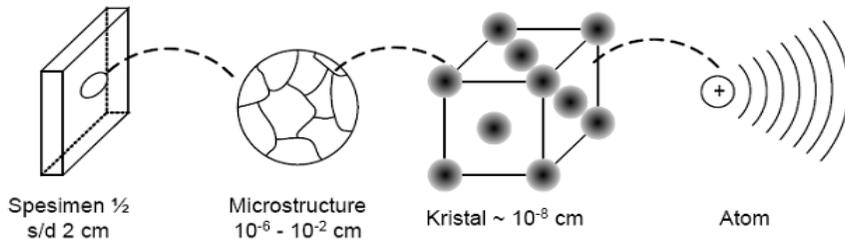
Pengujian makro ialah proses pengujian bahan yang menggunakan mata terbuka dengan tujuan dapat memeriksa celah dan lubang dalam permukaan bahan. Angka kevalidan pengujian makro berkisar antara 0,5 hingga 50 kali .

2. Pengujian mikro (*Microscope Test*)

Pengujian mikro ialah proses pengujian terhadap bahan logam yang bentuk kristal logamnya tergolong sangat halus. Sedemikian halusnya sehingga pengujiannya memerlukan kaca pembesar lensa mikroskop yang memiliki kualitas perbesaran antara 50 hingga 3000 kali.

Untuk memperoleh gambar struktur mikro yang jelas dan baik sangat bergantung pada persiapan benda kerja dan proses pengetsaannya. Permukaan benda kerja harus rata dan sejajar antara permukaan atas dan bawahnya. Permukaan yang akan diamati dihaluskan dengan kertas ampelas dan dipoles sehingga halus dan tidak terdapat goresan-goresan, kemudian dietsa dengan larutan yang sesuai dengan jenis logamnya.

Pada gambar ini terlihat daerah lingkup ukuran mikro struktur logam yang umumnya diamati dengan mikroskop seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 23.



Gambar 23. Daerah lingkup ukuran mikro struktur

Dari gambar 1 ternyata bahwa penyelidikan mikro struktur tersebut berkisar antara 10^{-6} cm (batas kemampuan elektron mikroskop hingga 10^{-2} cm batas kemampuan mata manusia). Meskipun daerah lingkup pengamatan metallograpy ini mencakup suatu daerah yang luas (10^{-6} - 10^{-2} cm) namun demikian obyek pengamatan yang biasanya digunakan yaitu 10^{-5} cm atau order pembesar 5.000 - 30.000 kali untuk mikroskop elektron dan 10^{-3} cm atau order pembesaran 100 - 1000 kali untuk mikroskop optis.

Baja karbon adalah paduan besi baja dengan elemen utama Fe dan C. Baja karbon memiliki kadar C hingga 1.2% dengan Mn 0.30%-0.95%. Baja dengan kadar karbon sangat rendah memiliki kekuatan yang relatif rendah tetapi memiliki keuletan yang relatif tinggi. Baja jenis ini umumnya digunakan untuk proses pembentukan logam lembaran. Dengan meningkatnya kadar karbon maka baja karbon menjadi semakin kuat tetapi berkurang keuletannya. Umumnya baja karbon (*Plain Carbon Steel*) diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan prosentase *Steel* karbonnya.

- (1) Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*)
- (2) Baja karbon menengah (*Medium Carbon Steel*), dan
- (3) Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Fasa-fasa padat yang ada didalam baja :

- a. *Ferrit (alpha)* : merupakan sel satuan (susunan atom-atom yang paling kecil dan teratur) berupa *Body Centered Cubic* (BCC = kubus

pusat badan), *Ferrit* ini mempunyai sifat : magnetis, agak ulet, agak kuat, dll.

- b. *Austenit* : merupakan sel satuan yang berupa *Face Centered Cubic* (FCC = kubus pusat muka), Austenit ini mempunyai sifat : Non magnetis, ulet, dll.
- c. Sementid (besi karbida) : merupakan sel satuan yang berupa orthorombik, Sementid ini mempunyai sifat : keras dan getas.
- d. *Perlit* : adalah suatu campuran lamellar dari *ferrite* dan sementid. Konstituen ini terbentuk dari dekomposisi *Austenite* melalui reaksi *eutectoid* pada keadaan setimbang, dimana lapisan *ferrite* dan sementid terbentuk secara bergantian untuk menjaga keadaan kesetimbangan komposisi *eutectoid*. Pearlite memiliki struktur yang lebih keras daripada *ferrite*, yang terutama disebabkan oleh adanya fase sementid atau karbida dalam bentuk lamel-lamel.
- e. *Delta* : merupakan sel satuan yang berupa *Body Centered Cubic* (BCC = kubus pusat badan).

C. TUGAS PENDAHULUAN

1. Lakukan pemeriksaan makro terhadap spesimen, jelaskan apa yang didapat!
2. Bolehkah larutan etsa tanpa ditambah dengan air?, jelaskan alasannya!
3. Termasuk kedalam jenis apa spesimen untuk praktikum kali ini, jelaskan alasannya!

D. ALAT DAN BAHAN

Peralatan yang digunakan pada praktikum ini adalah

1. Alat Pemotong;
2. Kertas gosok masing-masing grid 240, 400, 600, 800, 1000, 1500;
3. Kaca Mata;
4. Masker;
5. Gelas Beaker;
6. Pengaduk Kaca;
7. Gelas Ukur;
8. Pipet;
9. Cetakan *Mounting*;

10. Mikroskop optis dengan kamera pengambil foto metalografi sampai 500 kali;
11. Kain Beludru;
12. Kuas;
13. Tisu;
14. Gayung; dan
15. Pengaduk.

Bahan yang digunakan pada praktikum ini adalah

1. Aquades;
2. Etching reagen antara lain Nital (NaOH,HNO₃);
3. Resin dan katalis;
4. WR 600;
5. CSM 300;
- 6; CSM 450;
7. Resin butek dan katalis;
8. *Metal polish*; dan
9. Baja As.

E. PROSEDUR KERJA PRAKTIKUM STRUKTUR MIKRO Struktur mikro Baja As

1. Potong spesimen dengan panjang 2-3 cm.
2. *Mounting* spesimen.
3. Spesimen digosok secara manual, kalau permukaannya masih kasar digosok lebih dahulu dengan kertas gosok dengan grid 240. Gosok spesimen dengan *grid* di bawah 1000 yaitu 240, 400, 600, 800.
4. Spesimen ditelungkupkan dan digosokkan pada kertas gosok dengan ditetesi air. Gerakan penggosokkannya menjauh dan mendekat (maju-mundur).
5. Setelah terjadi garis-garis goresan yang sejajar dan merata spesimen dicuci dengan air, sebelum digosokkan pada kertas gosok grid berikutnya.
6. Untuk pindah ke grid selanjutnya, arah garis garis goresannya harus saling tegak lurus dengan sebelumnya, artinya goresan dari grid 240 goresan dengan grid 400 dan seterusnya.

7. Setelah melalui Grinding process sampai kehalusan 1500 grid, permukaan spesimen dicuci dengan air dan alkohol kemudian dikeringkan dengan soft tissue.
8. Kemudian dipolish dengan menggunakan beludru secara manual. Spesimen diolesi dengan *metal polish* agar mengkilat. Kemudian dipolish.
9. Mengets (Etching) spesimen menggunakan Etching reagen antara lain Nital (NaOH, HNO₃) dengan cara mencelup tissue ke larutan nital (campuran NaOH dengan HNO₃ dengan perbandingan 3:1). Setelah itu tissue yang basah tersebut di usapkan ke permukaan spesimen kurang lebih 4 kali pengusapan.
10. Spesimen yang telah dietsa selanjutnya diamati dibawah mikroskop dengan pembesaran 50x, 100x, 200x, dan 500x. Kemudian dilakukan pengambilan (pemotretan) foto *metallography*.

Struktur mikro komposit polimer *fiberglass*

1. Pemotongan spesimen WR 600, CSM 300, dan CSM 450 dengan masing-masing panjang 20 cm dan lebar 10 cm sebanyak 3 buah, 1 buah, 6 buah.
2. Ambil dan timbang resin butek seberat 905 g dan katalis 4,5 g.
3. Aduk resin butek dan katalis dengan rata.
4. Oleskan larutan Resin butek dan katalis dengan susunan WR 600, CSM 300, dan CSM 450 sesuai dengan tabel 3.1A.
5. Tunggu spesimen kering.
6. Rapikan spesimen kering tersebut dengan amplas dan gerinda.
7. Potong spesimen dengan ukuran 3x3 cm.
8. *Mounting* spesimen dengan resin bening dan katalis dengan posisi spesimen melintang dan tunggu sampai kering.
9. Amplas hasil mounting sampai halus.
10. Bilas hasil amplasan tersebut dengan air, kemudian keringkan.
11. Spesimen yang telah dikeringkan selanjutnya diamati dibawah mikroskop dengan pembesaran 50x, 100x, 200x, dan 500x. Kemudian dilakukan pengambilan (pemotretan) foto *metallography*.

F. TUGAS AKHIR

1. Lakukan Pemeriksaan makro terhadap spesimen, jelaskan apa yang didapat!
2. Lakukan Pemeriksaan mikro terhadap spesimen, jelaskan apa yang didapat!
3. Berapa persentase komposisi Ferrit dan Perli?

DATA PERCOBAAN STRUKTUR MIKRO

Tabel 4.1A Eksperimental desain untuk spesimen komposit polimer *fiberglass*

No	Uraian	Susunan laminasi	
		Sampel A	Sampel B
1	Urutan laminasi		
	Lapisan 1	CSM 300	CSM 300
	Lapisan 2	CSM 450	CSM 450
	Lapisan 3	WR 600	WR 600
	Lapisan 4	CSM 450	CSM 450
	Lapisan 5	CSM 450	WR 600
	Lapisan 6		CSM 450

Tabel 4.1B Struktur makro spesimen komposit polimer *fiberglass*

<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> 1 x 1 cm </div>			
1	2	3	4

Tabel 4.1C Struktur mikro spesimen komposit polimer *fiberglass*

<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> 1 x 1 cm </div>			
1	2	3	4

Tabel 4.1D Struktur makro spesimen Baja As

<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> 1 x 1 cm </div>			
1	2	3	4

Tabel 4.1E Struktur mikro spesimen baja Baja As

<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> 1 x 1 cm </div>			
50x	100x	200x	500x

Tabel 4.1F Persentase komposisi *Ferrit* dan *Perlit*

No.	% <i>Ferrit</i>	% <i>Perlit</i>
1.		
2.		
3.		
10.		
Σ		

Proporsi dari spesimen (p_1):

$$n_1 = 10 \times 100 = 1000$$

$$p_1 = \frac{\Sigma Ferrit}{n_1} \tag{14}$$

Standar Deviasi spesimen (δ_1):

$$q_1 = 1 - p_1 \tag{15}$$

$$\delta_1 = \sqrt{\frac{p_1 q_1}{n_1}} \tag{16}$$

Dari tabel distribusi standar dengan $\alpha = 5\%$, maka diperoleh nilai $Z(\alpha/2) = \pm 1,96$ interval penduga rata-rata proporsi *Ferrit*:

$$p_1 - Z(\alpha/2) \cdot \delta_1 < p < p_1 + Z(\alpha/2) \cdot \delta_1 \tag{17}$$

$$\dots - (1,96x\delta_1) < p < \dots + (1,96x\delta_1) \quad (18)$$

$$\dots < p < \dots \quad (19)$$

Jadi proporsi *Ferrit* berdasarkan pengamatan *mikrostruktur* berkisar antara% sampai%. Lakukan perhitungan ulang untuk didapatkan prosentase *Perlit*.

4.2. PERCOBAAN II LAJU PERTUMBUHAN KOROSI

A. TUJUAN

Menentukan laju korosi plat seng galvanis.

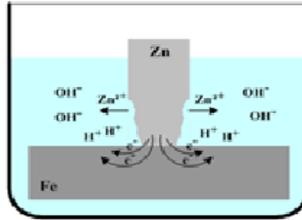
B. DASAR TEORI

Korosi khususnya di industri adalah suatu fenomena degradasi material logam yang akan membahayakan keadaan suatu peralatan. Penggunaan material logam semakin meningkat, dengan sendirinya akan diikuti dengan meningkatnya permasalahan korosi, dengan kerugian yang tidak sedikit. Hasil riset yang berlangsung tahun 2002 di Amerika Serikat memperkirakan kerugian akibat korosi yang menyerang permesinan industri, infrastruktur, sampai perangkat transportasi di negara adidaya itu mencapai 276 miliar dollar AS. Ini berarti 3,1 persen dari *Gross Domestic Product* (GDP)-nya. Sebenarnya, negara-negara di kawasan tropis seperti Indonesia paling banyak menderita kerugian akibat korosi. Namun demikian tidak ada data yang jelas di negara-negara tersebut tentang jumlah kerugian setiap tahunnya. Korosi adalah reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tak dikehendaki. Contoh korosi yang paling lazim adalah perkaratan besi. Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen (udara) mengalami reduksi.

Korosi galvanik adalah korosi yang terjadi apabila dua logam yang tidak sama dihubungkan dan berada di lingkungan elektrolit saat terjadi kontak atau secara listrik kedua logam yang berbeda potensial tersebut akan menimbulkan aliran elektron/listrik diantar kedua logam. Sehingga salah satu dari logam tersebut akan mengalami korosi, sedangkan logam lainnya akan terlindungi dari serangan korosi. Dalam korosi ini, logam yang memiliki potensial lebih positif akan bersifat katodik, sedangkan yang berpotensi negatif akan bersifat anodik. Gambar 24 menunjukkan proses terjadinya korosi galvanis.

Prinsip korosi galvanik sama dengan prinsip elektrokimia yaitu terdapat elektroda (anoda dan katoda), elektrolit dan arus listrik. Logam yang berfungsi sebagai anoda adalah logam yang sebelum dihubungkan bersifat lebih aktif atau mempunyai potensial korosi lebih negatif. Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi atau reaksi pelarutan sedangkan pada

katoda terjadi reaksi reduksi logam. Pada logam katoda akan menempel ion-ion dari logam anoda.



Gambar 24. Proses terjadinya korosi galvanis
(sumber : subtech.com)

C. TUGAS PENDAHULUAN

1. Jelaskan tujuan praktikum saat ini!
2. jelaskan mekanisme terjadinya korosi galvanis!
3. Termasuk jenis apakah material yang digunakan pada praktikum ini?

D. ALAT DAN BAHAN

Peralatan yang digunakan pada praktikum ini adalah

1. Gelas Beaker;
2. Multimeter;
3. Tabung U;
4. Timbangan Digital; dan
5. Pengaduk Kaca.

Bahan yang digunakan pada praktikum ini adalah

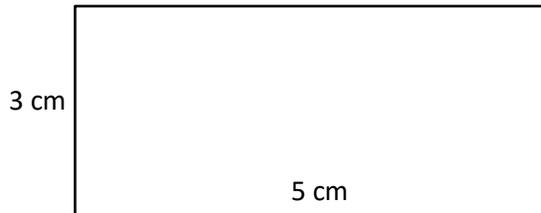
1. Air;
2. Garam;
3. Paku; dan
4. Seng Galvanis.

E. PROSEDUR PERCOBAAN

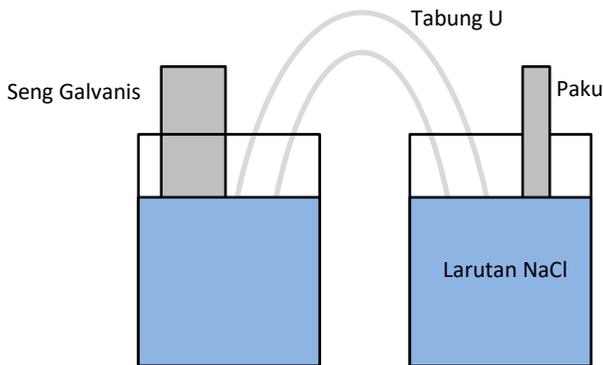
1. Potong plat seng galvanis sebanyak 5 buah dengan ukuran seperti yang ditunjukkan Gambar 25.
2. Amplas semua plat yang sudah terpotong dan paku.
3. Timbang masing-masing plat, kemudian catat.
4. Buat larutan elektrolit NaCl dengan variasi komposisi 1% wt, 3% wt, 5% wt, 7% wt, dan 9% wt di dalam gelas beaker.
5. Masukkan plat seng galvanis ke dalam larutan elektrolit NaCl beserta paku. Kemudian masukkan tabung U untuk

menyambungkan 2 gelas beaker tersebut seperti yang ditunjukkan Gambar 26.

6. Diamkan spesimen di dalam larutan elektrolit NaCl selama 2 jam, ukur dan catat tegangan yang dihasilkan per 15 menit menggunakan multimeter.
7. Setelah dididamkan selama 2 jam, angkat rangkaian spesimen.
8. Timbang masing – masing spesimen, kemudian catat hasilnya.



Gambar 25. Geometri spesimen uji



Gambar 26. Rangkaian peralatan praktikum

DATA HASIL PENGAMATAN

Tabel 4.2A Tabel pengukuran massa seng galvanis sebelum perlakuan

No.	Spesimen	Massa (g)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Tabel 4.2B Tabel pengukuran tegangan

Waktu (menit)	Variasi komposisi larutan elektrolit NaCl				
	1% wt	3% wt	5% wt	7% wt	9% wt
15					
30					
45					
60					
120					

Tabel 4.2C Tabel pengukuran massa seng galvanis sesudah perlakuan

No.	Spesimen	Massa (g)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Persamaan laju korosi yang digunakan:

$$R = K \frac{\Delta W}{A \times T \times D} \quad (20)$$

Dengan :

R = Laju Korosi (*mm/tahun*)

D = *Density (g/cm³)*

ΔW = Berat yang hilang (*g*)

T = Waktu (*jam*)

A = Luas permukaan (*cm²*)

K = Konstanta ($8,76 \times 10^4$ *mm/yr*)

F. TUGAS AKHIR

1. Hitung laju pertumbuhan korosi pada seng galvanis!
2. Pada spesimen manakah yang mempunyai nilai ketahanan korosi terbaik?. Jelaskan alasannya!
3. Berapa nilai tegangan terbaik pada percobaan ini?
4. Kesimpulan apa yang bisa kalian ambil dari percobaan ini?

4.3. PERCOBAAN III *SQUEEZE CASTING*

A. TUJUAN

Mengetahui proses proses *Squeeze Casting*.

B. DASAR TEORI :

Proses pengecoran adalah salah satu metode tertua untuk pembuatan barang logam. Pada sebagian besar proses pengecoran awal (banyak di antaranya masih digunakan sampai sekarang), cetakan atau formulir yang digunakan harus dihancurkan untuk mengeluarkan produk setelah pemadatan. Kebutuhan akan cetakan permanen, yang dapat digunakan untuk memproduksi komponen dalam jumlah yang tidak terbatas, merupakan alternatif yang jelas.

Pada Abad Pertengahan, pengrajin menyempurnakan penggunaan cetakan besi dalam pembuatan peralatan timah. Selain itu, revolusi informasi pertama terjadi ketika *Johannes Gutenberg* mengembangkan metode untuk memproduksi jenis bergerak dalam jumlah massal menggunakan cetakan logam permanen. Selama berabad-abad, proses cetakan logam permanen terus berkembang. Pada akhir abad ke-19 proses dikembangkan di mana logam disuntikkan ke cetakan logam di bawah tekanan untuk memproduksi jenis cetakan. Perkembangan ini memuncak dengan pembuatan mesin *linotype* oleh *Ottmar Mergenthaler*. Namun, penggunaan metode pengecoran ini dapat diterapkan untuk pembuatan lebih dari sekedar jenis untuk mesin cetak.

Porositas sering membatasi penggunaan proses *die casting* konvensional untuk produk yang dibuat dengan cara lain. Beberapa upaya telah berhasil meningkatkan kemampuan *die casting* konvensional dengan tetap mempertahankan manfaat ekonominya. Dalam upaya ini, *squeeze casting* menggunakan dua strategi:

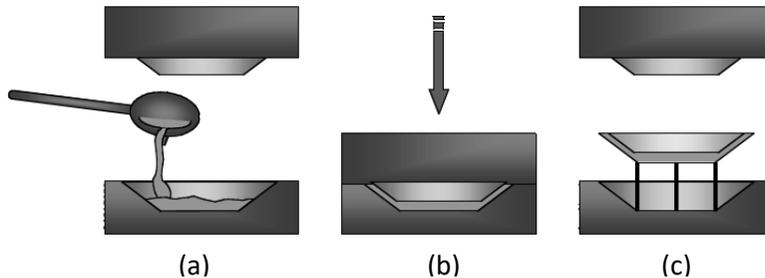
1. menghilangkan atau mengurangi jumlah gas yang terperangkap dan
2. menghilangkan atau mengurangi jumlah penyusutan solidifikasi.

Strategi ini mempengaruhi jumlah utama yang berkontribusi pada porositas.

Squeeze casting dicirikan dengan penggunaan area gerbang yang besar (dibandingkan dengan *die casting* konvensional) dan pengisian planar dari bagian depan logam di dalam rongga cetakan. Pengecoran pemerasan bekerja untuk meminimalkan penyusutan solidifikasi dan

jeratan gas. Pengisian planar memungkinkan gas keluar dari cetakan, karena ventilasi tetap terbuka selama injeksi logam. Selain itu, area gerbang yang besar memungkinkan tekanan intensifikasi logam dipertahankan selama pematatan.

Asal mula proses pengecoran pemerasan dapat ditelusuri kembali ke proses yang dikenal sebagai pembentukan pemerasan. Skema yang menunjukkan siklus progresif dari proses pembentukan pemerasan ditunjukkan pada Gambar 27. Awalnya, logam cair dituangkan ke dalam cetakan terbuka, sebagai:



Gambar 27. Skema proses *squeeze forming*

ditunjukkan pada Gambar 27a. Cetakan ditutup (Gambar 27b) dan logam mengalir di dalam cetakan, mengisi rongga. Selama pematatan, tekanan intensifikasi diterapkan pada logam oleh cetakan. Setelah pematatan selesai, komponen dikeluarkan, seperti yang disajikan pada Gambar 27c.

C. TUGAS PENDAHULUAN

1. Sebutkan dan jelaskan manfaat dari proses *Squeeze casting* dibanding proses *die casting* konvensional?
2. Mengapa dalam proses *Squeeze casting* tidak membutuhkan *riser*?
3. Mengapa dalam proses *casting* memerlukan lubang ventilasi?

D. ALAT DAN BAHAN

Alat yang digunakan, terdiri atas:

1. *Salt bath furnace*;
2. *Mold metal jig*;
3. *Metal polish*;
4. *Kain bludru*;
5. Kertas gosok grid 240 dan 400; dan
6. *Ladle*.

Bahan yang digunakan, terdiri atas:

1. Timah.

E. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Timbang timah.
2. Masukkan timah ke dalam *Salt bath furnace* menggunakan *Ladle*. Tunggu sampai timah mencair.
3. Setelah timah mencair, bersihkan permukaan cairan timah dari *scrap*. Kemudian tuangkan ke dalam cetakan.
4. Untuk hasil maksimal, panaskan cetakan terlebih dahulu.
5. Setelah cairan timah dimasukkan ke dalam cetakan, tutup dengan cetakan pasangannya yang lain.
6. Tekan cetakan dan tunggu beberapa saat.
7. Setelah dirasa cairan mulai mengeras, angkat cetakan sebelahny.
8. Angkat *metal jig* dan amplas menggunakan kertas gosok *grid 240* dan 400.
9. Poles menggunakan *metal polish* dan kain bludru.

DATA HASIL PENGAMATAN

Gambar *metal jig* hasil praktikum

F. TUGAS AKHIR

1. Disebut apakah udara yang terjebak saat proses *casting*?
2. Bagaimana hasil produk praktikum ini?
3. Sebutkan dan jelaskan kekurangan dan kelebihan dari produk yang dihasilkan dalam praktikum ini!
4. Bagaimana cara untuk memperbaiki hasil produk dari praktikum ini?
5. Bagaimanakah sifat material yang digunakan dalam praktikum ini?
6. Jelaskan apakah dalam praktikum ini, mold bisa digantikan dengan material yang terbuat dari tembaga atau besi!

4.4. PERCOBAAN IV VISKOSITAS

A. TUJUAN

1. Memahami konsep mekanika fluida mengenai viskositas (kekentalan).
2. Menentukan viskositas suatu cairan dengan metode *Ostwald* dan bola jatuh.

B. DASAR TEORI

Setiap zat cair mempunyai karakteristik yang khas, berbeda satu zat cair dengan zat cair yang lain. Apa sebenarnya yang membedakan cairan itu kental atau tidak. Kekentalan atau viskositas dapat dibayangkan sebagai peristiwa gesekan antara satu bagian dan bagian yang lain dalam fluida. Dalam fluida yang kental kita perlu gaya untuk menggeser satu bagian fluida terhadap yang lain.

Di dalam aliran kental kita dapat memandang persoalan tersebut seperti tegangan dan regangan pada benda padat. Kenyataannya setiap fluida baik gas maupun zat cair mempunyai sifat kekentalan karena partikel di dalamnya saling menumbuk. Kekentalan merupakan sifat dari suatu zat cair (fluida) disebabkan adanya gesekan antara molekul-molekul zat cair dengan gaya kohesi pada zat cair tersebut. Gesekan-gesekan inilah yang menghambat aliran zat cair. Besarnya kekentalan zat cair (viskositas) dinyatakan dengan suatu bilangan yang menentukan kekentalan suatu zat cair. Hukum viskositas Newton menyatakan bahwa untuk laju perubahan bentuk sudut fluida yang tertentu maka tegangan geser berbanding lurus dengan viskositas.

Viskositas adalah gesekan interval, gaya viskos melawan gerakan sebagai fluida relatif terhadap yang lain. Viskositas adalah alasan diperlukannya usaha untuk mendayung perahu melalui air yang tenang, tetapi juga merupakan suatu alasan mengapa dayung bisa bekerja. Efek viskos merupakan hasil yang penting dalam pipa aliran darah. Pelumasan bagian dalam mesin fluida viskos cenderung melekat pada permukaan zat yang bersentuhan dengannya.

Diantara salah satu sifat zat cair adalah kental (viskos) dimana zat cair memiliki kekentalan yang berbeda-beda materinya, misalnya kekentalan minyak goreng dengan kekentalan oli. Dengan sifat ini zat cair banyak

digunakan dalam dunia otomotif yaitu sebagai pelumas mesin. Telah diketahui bahwa pelumas yang dibutuhkan tiap-tiap mesin membutuhkan kekentalan yang berbeda-beda.

Viskositas juga memiliki pengaruh besar dalam dunia manufaktur, sebagai contohnya pengaruh putaran spindel, viskositas, dan variasi cairan pendingin terhadap umur pahat HSS pada proses bubut konvensional. Pada dasarnya dimensi keausan menentukan batasan umur pahat. Dengan demikian kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Untuk meminimalisir terjadinya keausan tersebut, dapat digunakan sebuah cairan pendingin yang dapat mengontrol.

C. TUGAS PENDAHULUAN

1. Sebutkan dan jelaskan metode pengukuran viskositas zat cair!
2. Jelaskan keunggulan dan kekurangan metode pengukuran tersebut!
3. Jelaskan fungsi pengukuran viskositas zat cair!

D. ALAT DAN BAHAN

Alat yang digunakan dalam percobaan viskositas adalah sebagai berikut :

1. Viskometer *Oswald*;
2. *Stopwatch*;
3. Bola Besi;
4. Mistar;
5. Pipet filler;
6. Piknometer;
7. Ketas label;
8. Gelas Beaker; dan
9. Gelas Ukur.

Bahan yang digunakan dalam percobaan viskositas adalah sebagai berikut :

1. Aquades;
2. Oli SAE 5W-40; dan
3. Oli SAE 20W-50.

E. PROSEDUR PERCOBAAN

Metode *Ostwald*

1. Ambil Oli SAE 5W-40 sebanyak 50 ml dan tandai dengan kertas label.
2. Ukur massa jenis oli dengan :
 - a. Menimbang massa piknometer kosong (m_{gu}).
 - b. Masukkan secara perlahan oli ke dalam piknometer sampai dengan setengah dari piknometer. Tutup piknometer, kemudian bersihkan sisa oli yang menempel di luar piknometer.
 - c. Menimbang massa piknometer yang berisi oli (m_{go}).
 - d. Ukur volume oli pada piknometer (V).
 - e. Massa jenis oli dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$\rho_{oli} = \frac{(m_{go} - m_{gu})}{V} \quad (21)$$

3. Tuang ke dalam Viskometer *Ostwald* sebanyak 5-10 ml melalui lubang pipa besar.
4. Kosongkan udara dari pipet filler dengan menekan tombol "A", kemudian pasang pipet kapiler viskometer berlubang kecil dengan bagian bawah pipet filler.
5. Hisap cairan dengan menekan tombol "S" sampai miniskus bawah cairan tepat pada tanda batas atas viskometer.
6. Siapkan *stopwatch*, lepas pipet filler dan ukur waktu alir cairan hingga tepat melalui garis tanda batas bawah. Catat waktu yang didapat. Ulangi sampai 3 kali percobaan. Bersihkan alat-alat.
7. Ulangi langkah 1 sampai dengan 6 dengan mengganti cairan SAE 20W-50. Bersihkan alat-alat.

Metode Bola Jatuh

1. Ukur suhu oli SAE 5W-40.
2. Ambil bola besi yang sudah disiapkan.
3. Timbang masing-masing bola tersebut menggunakan timbangan digital.
4. Ukur jari-jari bola menggunakan jangka sorong.
5. Ukur massa jenis oli dengan :
 - a. Menimbang massa piknometer kosong (m_o).
 - b. Masukkan secara perlahan oli ke dalam piknometer sampai dengan setengah dari piknometer. Tutup piknometer,

kemudian bersihkan sisa oli yang menempel di luar piknometer.

- c. Menimbang massa piknometer yang berisi oli (m_1).
- d. Ukur volume oli pada piknometer (V).
- e. Massa jenis oli dapat dicari dengan menggunakan persamaan

$$\rho = \frac{(m_o - m_1)}{V} \quad (22).$$

6. Ukur batas atas dan bawah Oli SAE 5W-40 yang berada dalam tabung menggunakan mistar. Buatlah tanda dengan spidol pada jarak 5 cm dari permukaan oli.
7. Jatuhkan bola besi ke dalam cairan tersebut.
8. Hitung waktu yang dibutuhkan bola tersebut sampai dengan melewati batas bawah menggunakan *stopwatch* dimulai dari bola melewati batas atas. Catat hasilnya.
9. Buat kembali tanda yang kedua sejauh 10 cm.
10. Ulangi langkah 6 sampai 8 sehingga memperoleh 5 pasangan data.
11. Lakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada langkah 6-10. Kemudian bersihkan bola besi tersebut.
12. Ulangi langkah 2 sampai dengan 11 dengan mengganti cairan SAE 20W-50. Kemudian bersihkan bola besi tersebut.

DATA HASIL PENGAMATAN

Metode Ostwald

Tabel 4.4A data hasil pengukuran pada masing – masing sampel

No.	t_1 (cm)	t_2 (cm)	t_3 (cm)	\bar{t} (s)
1.				
2.				
5.				

- Hitung massa jenis oli dengan menggunakan persamaan 21
- Hitung nilai viskositas oli menggunakan persamaan:

$$\eta_{oli} = \frac{\rho_{oli} \cdot \bar{t}_{oli}}{\rho_{aquades} \cdot \bar{t}_{aquades}} \times \eta_{aquades} \quad (23)$$

Dengan :

- η_{oli} = viskositas oli ($kg/m \cdot s$)
- ρ_{oli} = massa jenis oli (kg/m^3)
- \bar{t}_{oli} = waktu tempuh rata-rata oli (s)
- $\rho_{aquades}$ = massa jenis aquades (kg/m^3)

$\bar{t}_{aquades}$ = waktu tempuh rata-rata aquades (s)
 $\eta_{aquades}$ = viskositas aquades (kg/m.s)

- Dalam percobaan ini, massa jenis aquades adalah
 $\rho_{aquades} = 997 \text{ kg/m}^3$
- Dalam percobaan ini, massa viskositas aquades adalah
 $\eta_{aquades} = 0,801 \text{ kg/m.s}$

Metode Bola Jatuh

Tabel 4.4B data hasil pengukuran pada masing – masing sampel

No.	d (cm)	t ₁ (cm)	t ₂ (cm)	t ₃ (cm)	\bar{t} (s)
1.					
2.					
5.					

- Hitung massa jenis oli dengan menggunakan persamaan 22
- Hitung massa jenis bola besi dengan persamaan:

$$\rho_2 = \frac{m}{V} \quad (24)$$

Dengan :

ρ_2 = massa jenis bola besi (kg/m³)

m = massa bola besi (kg)

V = volume bola besi (m³)

- Hitung nilai viskositas oli menggunakan persamaan:

$$\eta = \left(\frac{2gr^2(\rho_2 - \rho)}{9d} \right) \bar{t} \quad (25)$$

Dengan :

η = nilai viskositas oli (kg/m.s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

r = jari-jari bola besi (m)

ρ_2 = massa jenis bola besi (kg/m³)

ρ = massa jenis Oli (kg/m³)

d = jarak antar garis (m)

\bar{t} = waktu tempuh rata-rata bola besi (s)

F. TUGAS AKHIR

1. Hitung massa jenis Oli SAE 5W-40, SAE 20W-50, dan Aquades menggunakan metode Viskometer *Oswald!*

2. Hitung massa jenis Oli SAE 5W-40, SAE 20W-50, dan Aquades menggunakan metode Bola Jatuh (*Hopper*)!

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook Vol 5. Pdf, 1994, *Surface Engineering*, ASM Handbook Committee, United State.
- ASM Handbook Vol 9. Pdf, 2004, *Metallography and Microstructures 2004*, ASM Handbook Committee, United State.
- ASM Handbook Vol 13B. Pdf, 2005, *Corrosion:Materials*, ASM Handbook Committee, United State.
- ASM Handbook Vol 10. Pdf, 1992, *Materials Characterization*, ASM Handbook Committee, United State.
- ASM Handbook Vol 15. Pdf, 1988, *Casting*, ASM Handbook Committee, United State.
- ASM Handbook Vol 18. Pdf, 1992, *Friction, Lubrication, and Wear Technology*, ASM Handbook Committee, United State.
- ASM Handbook Vol 21. Pdf, 2001, *Composite*, ASM Handbook Committee, United State.
- Atkins, P.W. 1994. Kimia Fisika jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Campbell, F.C., 2010. *Structural Composite Materials*. Missouri: ASM International.
- Engel, Thomas dan Philip Reid. 2006. *Physical Chemistry* Edisi ketiga. San Fransisco : Pearson Education, Inc.
- Fjpwhehan. *Metals - Ferrous and Non Ferrous*. [Online]. <https://www.slideshare.net/fjpwhehan/metals-ferrous-and-non-ferrous>. [06 April 2021].
- KAW, AUTAR K. 2006, *Mechanics of Composite Materials Second Edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Lutfiana, Endah. 2011. TUGAS METALURGI II “PENGUJIAN METALOGRAFI BAJA 1020”. Makalah.
- Moechtar. 1990. Farmasi Fisik. Yogyakarta: UGM-Press.
- Muhammad Reza Furqoni. Mikroskop. [Online]. <https://teknikece.com/mikroskop>. [06 April 2021].
- Nurhamsyah. Alat Ukur Waktu dan Ketelitian. [Online]. <https://nurhamsyahnyetz.wordpress.com/fisika-10/besaran-dan-satuan/pengukuran/alat-ukur-waktu-dan-ketelitian>. [06 April 2021].
- Nurun Nayiroh. Teknologi Material Komposit. [Online]. <http://nurun.lecturer.uin-malang.ac.id/wpcontent/uploads/sites/7/2013/03/Material-Komposit.pdf>. [06 April 2021].

Ruzuqi, Rezza, 2020, *Tensile Strength Analysis of Polymer Composite Materials Fiber Reinforced in The Fiberboat Application*, Journal of Research and Opinion, 2763-2769.

The Editors. *The Best Stopwatches on Amazon, According to Hyperenthusiastic Reviewers*. [Online]. <https://nymag.com/strategist/article/best-stopwatches.html>. [06 April 2021].

INDEKS

- A**
- Aluminium, 26, 27
Austenit, 45
- B**
- besaran pokok, 31, 32
besaran turunan, 31
Body Centered Cubic, 44, 45
- C**
- Cast Iron*, 24, 25
casting, 55, 56, 57
Celcius, 36
Chopped Strand, 30
chromium, 25
Continuous Roving, 30
Copper, 27
- D**
- degradasi material**, 51
Delta, 45
deviasi, 9
Diafragma, 33
- E**
- eksponen, 20
Etching, 46, 47
Etching reagen, 47
- F**
- Ferrit*, 44, 48, 49, 50
Ferro, v, 24, 25, 26
fiber, 23, 29, 30, 69
fiberglass, 29, 30, 47, 48
fluida, 40, 58
Fluidized-bed, 39
fluktuasi, 10
- fraksi volume, 29, 30
furnace, 36, 38, 39, 56, 57
- G**
- gaya, 10, 40, 58
gerak *Brown*, 10
Grinding process, 47
- H**
- High Carbon Steel*, 25, 44
High Speed Steel, 25
hiperbola, 18, 20
horizontal, 18
- I**
- identik, 9
intercept, 19
Interfasa, 30
interpelasi, 20
interval, 49, 58
- J**
- jangka sorong, 32, 60
- K**
- Kaki/Dudukan mikroskop, 33
kalibrasi, 10
Keramik, 23
Ketakpastian, v, 9, 13, 14, 15, 18
Komposit, 23, 28, 29, 43, 64, 69
kompresi, 24
Kondensor, 33
konduktivitas, 26
korosi, 26, 27, 28, 51, 52, 54
kostanta, 18
- L**
- Lead*, 28

LED, 38
Lengan mikroskop, 33
Lensa objektif, 33
Lensa okuler, 32
linear, 18, 20, 21
Logam, 5, 23, 24, 26, 51
Low Carbon Steel, 44

M

Makrometer, 32
Material engineering, 23
Matriks, 29, 30
Medium Carbon, 44
metallography, 44
Mikrometer, 32
mikrometer sekrup, 32
mikroskop elektron, 44
mikroskop optis, 44
Mikrostruktur, 34
Mild steel, 24
mistar, 9, 11, 16, 41, 61
molekul udara, 10
Mounting, 45, 46, 47
Muffle, 39
Multimeter, 37, 38, 52

N

neraca, 10, 32
Nital, 46, 47
non-ferrous, 23, 64

P

parabola, 20
penempatan, 26
pengecoran, 1, 26, 55, 56
pengelasan, 1, 26
penggulungan, 26
Penjepit kaca, 32
Perlit, 45, 49, 50
Plain Carbon Steel, 44
Poiseuille, 40
Polimer, 23, 43

Polyester Resins, 29

R

random error, 10
redoks, 51
Reflektor, 33
regresi, 20, 21
Regresi Linier, 19
Reinforcement, 30
relatif, 44, 58
Revolver, 33

S

Salt bath, 39, 56, 57
scrap, 57
Sementid, 45
Sendi *inklinasi*, 33
simpangan baku, 12, 15, 16, 17
sinusoid, 20
slope, 19
solidifikasi, 55
spindle, 40
Stainless Steel, 26
stopwatch, 16, 32, 34, 35, 60, 61
systematic error, 9

T

Tabung mikroskop, 33
termometer, 36, 37
Tin, 28
transistor, 38
tungsten, 25

V

Vacuum, 39
vanadium, 25
variable, v, 5, 14, 15
Viskometer, 40, 59, 60, 62
viskos, 58
viskositas, 40, 58, 59, 61, 62
Volt, 18

W

Woven Roving, 30

Z

Zinc, 27, 28

BIOGRAFI PENULIS/EDITOR

“Petunjuk Praktikum Ilmu Bahan Teknik”



REZZA RUZUQI Kelahiran kota Surabaya dan dilahirkan tepat pada tanggal 19 Oktober 1991. Ayah saya bernama Mayor (Purn.) Sutarman, S.H. dan ibu saya bernama Machmudah. Dosen Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong, Badan Riset dan SDM KKP. Alumni Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan bidang minat Pemodelan Material Komposit FGM (*Functionally Graded Materials*) (M.T., 2018), dan alumni Prodi Fisika Universitas Airlangga Surabaya bidang minat Fisika Material dengan tema penelitian Material *Superalloy* berbasis Nikel (S.Si., 2015). Pernah menjadi Asisten Dosen Elektronika Digital dan Analog di Universitas Airlangga (2014-2015), bekerja di beberapa perusahaan kontraktor swasta sebagai pengawas lapangan dan admin (2015-2017). KENCANA TRUSS Surabaya sebagai Kepala Pabrik (2018), dan menjadi anggota peneliti dalam proyek pembuatan peluru *fangible* (2017), dan aktif sebagai reviewer di beberapa jurnal Internasional. Menggeluti bidang material komposit, terutama bidang kelautan dan perikanan dan sipil. Proyek penelitian yang sedang dijalankan diantaranya adalah pengembangan material perahu *fiber* di wilayah Papua Barat, pengembangan material Baterai Lampu Air Garam, pengembangan material komposit alam berbasis kearifan lokal sebagai tiang bangunan di wilayah Papua Barat, dan Pengembangan material tahan panas berbasis kearifan lokal untuk pemukiman di wilayah Papua Barat. Memiliki beberapa jurnal Internasional yang sebidang keilmuan serta mengedit/menyunting karya ilmiah menjadi sebuah buku ber-ISBN.