



BUKU AJAR

MEKANIKA DASAR

TIM PENYUSUN

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
2022



BUKU AJAR MEKANIKA DASAR

BUKU AJAR MEKANIKA DASAR

Prof. Dr. Ketut Suma, M.S.
Prof. Dr. I Wayan Santyasa, M.Si.
Dr. Ni Ketut Rapi, M.Pd.
Dr. Luh Putu Budi Yasmini, M.Sc.
Drs. Putu Yasa, M.Si.
Dr. Nurfa Risha, M.Sc.
Dewi Oktofa Rachmawati, S.Si., M.Si.
I Gede Arjana, S.Pd., M.Sc. RWTH
Dr. I Gede Aris Gunadi, M.Kom.
Putu Widiarini, S.Pd., M.Pd., M.Sc.
Dr. Rai Sujanem, M.Si.
Dr. Putu Artawan, M.Si.
Dr. Ida Bagus Putu Mardana, M.Si.
Dr. Ni Made Pujani, M.Si.



BUKU AJAR MEKANIKA DASAR

© Penerbit Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI)

Penulis:

Prof. Dr. Ketut Suma, M.S., Prof. Dr. I Wayan Santyasa, M.Si.,
Dr. Ni Ketut Rapi, M.Pd., Dr. Luh Putu Budi Yasmini, M.Sc., Drs. Putu Yasa, M.Si.,
Dr. Nurfa Risha, M.Sc., Dewi Oktofa Rachmawati, S.Si., M.Si.,
I Gede Arjana, S.Pd., M.Sc. RWTH., Dr. I Gede Aris Gunadi, M.Kom.,
Putu Widiarini, S.Pd., M.Pd., M.Sc., Dr. Rai Sujanem, M.Si., Dr. Putu Artawan, M.Si.,
Dr. Ida Bagus Putu Mardana, M.Si., Dr. Ni Made Pujani, M.Si.

Editor:

Erik Santoso

Cetakan Pertama: Juli 2022

Cover: Rusli

Tata Letak: Tim Kreatif PRCI

Hak Cipta 2022, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT
Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website: www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail: rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2022 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I -: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2022
Dimensi : 21 x 29.7 cm
ISBN: 978-623-448-160-0

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Kami ucapkan puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa, yang telah memberkati kita semua sehingga Buku Ajar Mekanika Dasar ini diselesaikan dengan baik. Secara keseluruhan Buku Ajar ini terdiri dari 3 pokok bahasan utama yaitu: (1) Kinematika, (2) Dinamika, (3) Mekanika Fluida.

Buku Ajar ini diperuntukkan bagi para mahasiswa S1 yang mempelajari bidang ilmu yang berkaitan dan menggunakan konsep-konsep mekanika dasar. Harapan kami bahwa mahasiswa dapat terbantu dalam menguasai dan memahami keseluruhan materi yang tercantum dalam modul ini dengan baik. Modul ini juga sangat diharapkan dapat membantu mahasiswa yang akan menjadi calon guru fisika dalam memperdalam konsep pemahaman fisika sehingga nantinya dapat membantu siswa-siswi SMA/SMK menguasai bahan fisika yang dipelajari dengan benar.

Akhirnya kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesainya penyusunan modul dan pirantinya ini. Kepada para penyusun modul, para pengembang media, dan staf ahli evaluasi dan pengkajian modul yang ikut bekerja keras kami haturkan terima kasih. Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya juga kami haturkan kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah mensponsori dan mempercayai kami untuk menyusun modul ini. Semoga berkat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa selalu menyertai kita semua.

Singaraja, Agustus 2021

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
Modul 1 KB 1 Besaran, Pengukuran, dan Vektor	1
Capaian Pembelajaran	1
Indikator	1
Pengantar.....	1
Uraian Materi	3
A. Hakikat Fisika Dan Metode Ilmiah.....	3
B. Besaran, Satuan, dan Dimensi	6
C. Pengukuran.....	8
D. Besaran Vektor.....	16
RANGKUMAN.....	23
TEST SUMATIF	24
Modul 1 KB 2 Gerak dalam Satu	25
Capaian Pembelajaran	25
Indikator	25
Pengantar.....	26
Uraian Materi	27
A. Pengantar Konsep Gerak	27
B. Posisi, Perpindahan, dan Kecepatan Rata-Rata	27
C. Percepatan.....	36
RANGKUMAN.....	45
TEST FORMATIF.....	47
Modul 1 KB 3 Gerak dalam Bidang	51
Capaian Pembelajaran	51
Indikator	51
Pengantar.....	52
Uraian Materi	53
A. Pengantar Konsep Gerak dalam Bidang.....	53
B. Gerak Peluru	53
C. Gerak Melingkar	59
RANGKUMAN.....	64
TES FORMATIF	65
Modul 2 KB 1 Dinamika Partikel.....	67
Capaian Pembelajaran	67
Indikator	67
Pengantar.....	68
Uraian Materi	68
A. Gaya	69

B. Massa dan Berat	70
C. Hukum-Hukum Newton	71
D. Gaya-Gaya Kontak.....	73
E. Penggunaan Hukum-Hukum Newton.....	74
F. Dinamika Gerak Melingkar Beraturan	76
G. Dinamika Gerak Melingkar Tak Beraturan.....	81
RANGKUMAN	84
TES FORMATIF	85
 Modul 2 KB 2 Usaha dan Energi	87
Capaian Pembelajaran	87
Indikator	87
Pengantar.....	88
Uraian Materi.....	89
A. Usaha oleh Gaya Konstan.....	90
B. Usaha oleh Gaya Gesek.....	93
C. Usaha oleh Gaya yang berubah	94
D. Energi Kinetik dan Teorema Usaha – Energi.....	97
E. Rincian terkait Energi Kinetik.....	100
F. Energi Potensial.....	101
G. Energi Potensial Elastik.....	105
H. Gaya Konservatif dan Non-konservatif (Disipatif).....	108
RANGKUMAN	112
TEST FORMATIF	114
 Modul 2 KB 3 Impuls dan Momentum	119
Capaian Pembelajaran	119
Indikator	119
Pengantar.....	120
Uraian Materi.....	122
A. Impuls dan Momentum	122
B. Hukum Kekekalan Momentum	125
C. Tumbukan.....	126
D. Tumbukan Sentral Lurus Antara Dua Benda.	127
E. Tumbukan Dua Benda Dalam Bidang (Dalam Dua Dimensi)	131
TEST FORMATIF	133
 Modul 2 KB 4 Kestimbangan Benda Tegar	135
Capaian Pembelajaran	135
Indikator	135
Pengantar.....	136
Uraian Materi.....	138
A. Pusat Masa dan Titik Berat.....	138
B. Kestimbangan Benda Tegar dan Momen Gaya	142
C. Momen Inersia Benda Tegar	145
D. Gerak Benda Tegar	152

E. Momentum Sudut	157
Modul 3 KB 1 Fluida Statis	161
Capaian Pembelajaran	161
Indikator	161
Pengantar	162
Uraian Materi	163
A. Tekanan dan Rapat Jenis	163
B. Variasi Tekanan Dalam Fluida	166
C. Tekanan Atmosfer	168
D. Prinsip Pascal	169
E. Pengukuran Tekanan	170
F. Hukum Archimedes	171
G. Terapung, Melayang, Tenggelam	173
H. Aplikasi Hukum Archimedes	178
I. Tegangan Permukaan	182
Keterangan:	183
J. Sudut Kontak	186
RANGKUMAN	191
TEST FORMATIF	192
Modul 3 KB 2 Fluida Dinamis	195
Capaian Pembelajaran	195
Indikator	195
Pengantar	195
Uraian Materi	196
A. Persamaan Kontinuitas	196
B. Persamaan Bernoulli	198
C. Aplikasi Persamaan Bernoulli dan Persamaan Kontinuitas	200
D. Hukum Stokes	202
RANGKUMAN	204
TEST FORMATIF	205
TEST SUMATIF	206

DAFTAR TABEL

Tabel 1.2 Besaran-besaran Dasar , Satuan, Simbol, dan Alat Ukurnya	6
Tabel 1.3 Besaran Turunan.....	7
Tabel 1.4 Dimensi Besaran Pokok	7
Tabel 1.5 Dimensi Besaran Turunan.....	7
Tabel 8.1 Nilai Tegangan Permukaan Berdasarkan Hasil Eksperimen	185

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peranan Hasil Percobaan.....	9
Gambar 1.2 Gambar dan Notasi Vektor.....	17
Gambar 1.4 Penjumlahan beberapa vektor dengan metode poligon.....	18
Gambar 1.4 Penjumlahan 2 buah vektor dengan metode grafis.....	18
Gambar 1.5 Penjumlahan beberapa vektor dengan metode poligon.....	18
Gambar 1.6 Prosedur analitis Penjumlahan Jajar Genjang.....	18
Gambar 1.7 Pengurainan komponen dari suatu vektor F	20
Gambar 1.8 Penjumlahan dua vektor	20
Gambar 2.1 Menentukan posisi benda dari titik.....	28
Gambar 2.2 Pongedara sepeda berpindah dari posisi x_1 ke poisi x_2	29
Gambar 2.3 Seorang ibu berpindah dari posisi $x_1=15$ m ke posisi $x_2=5$ m relatif terhadap gedung.....	29
Gambar 2.4 adalah seepedometer pada mobil menunjukkan pembacaan dalam km/mile dan km/h.	35
Gambar 2.5 Grafik v-t partikel dengan percepatan tetap	37
Gambar 2.6 Grafik a-t partikel dengan percepatan tetap	37
Gambar 2.7 Posisi terhadap waktu gerak partikel dengan percepatan konstan.....	38
Gambar 2.8 Kurva v-t pada gerak dengan kecepatan tetap	39
Gambar 2.9 Grafik x-t gerak benda dengan kecepatan tetap	40
Gambar 2.10 Bulu ayam dan buah apel jatuh bebas dalam vakum dengan percepatan sama. Makin ke bawah percepatan makin bertambah.	41
Gambar 2.11 Kurva percepatan a terhadap waktu t.....	43
Gambar 2.12 Kurva posisi x terhadap waktu t.....	43
Gambar 3.1 (a) menunjukkan gerakan bola basket yang dilemparkan ke ring basket, dan (b) menunjukkan bola yang ditendang oleh pemain sepak bola menuju gawang. Keduanya membentuk lintasan parabola.....	54
Gambar 3.2 (a) dan (b) menunjukkan rudal yang ditembakkan dari pesawat tempur membentuk lintasan parabola hingga mengenai sasaran.....	54
Gambar 3.3 (a) dan (b) menunjukkan benda yang diberikan kecepatan awal tertentu membentuk sudut elevasi tertentu terhadap garis horizontal dari ketinggian tertentu sehingga Gerakan benda membentuk lintasan parabola	55
Gambar 3.4 Lintasan gerak parabola	56
Gambar 3.5 Prinsip gerak melingkar	60
Gambar 3.6 Sebuah benda kecil bergerak membentuk suatu lintasan melingkar, menunjukkan bagaimana kecepatan berubah-ubah.....	61
Gambar 3.7 Pada Gerak Melingkar Beraturan, percepatan a selalu tegak lurus terhadap v	62
Gambar 4.1 Contoh Gaya Sentuh (Serway dan Jewett, 2010)	70
Gambar 4.2 Contoh Medan Gaya (Serway dan Jewett, 2010)	70
Gambar 4.3 Resultan Gaya (Serway dan Jewett, 2010)	70
Gambar 4.4 Hukum Ketiga Newton (Giancoli, 2014).....	73
Gambar 4.5 Gaya Normal (Giancoli, 2014)	74
Gambar 4.6 Benda pada Bidang Datar (Giancoli, 2014).....	75
Gambar 4.7 Benda pada Bidang Miring (Giancoli, 2014).....	75
Gambar 4.8 Diperlukan gaya untuk mempertahankan gerak benda pada lintasan melingkar...	77

Gambar 4.9 Mengayun bola di ujung tali	77
Gambar 4.10 Sebuah cakram bergerak melingkar beraturan di ujung tali	78
Gambar 4.11 Jalan memberikan gaya ke dalam (gesekan terhadap ban).....	78
Gambar 4.12 Diagram gaya pada mobil yang melewati tikungan miring.....	79
Gambar 4.13 Gaya pada mobil yang melewati tikungan pada jalan yang datar. (a) Tampak depan, (b) Tampak atas.	80
Gambar 4.14 Laju sebuah benda yang membentuk lingkaran berubah jika gaya padanya mempunyai komponen tangensial F_{tan}	81
Gambar 5.1 Smart car yang sedang melaju di jalan raya.....	89
Gambar 5.2 Gerobak bergerak dengan lintasan melengkung.....	90
Gambar 5.3 Gaya F yang besarnya tergantung pada koordinat x	94
Gambar 5.4 Kurva gaya relatif terhadap sumbu- x	95
Gambar 5.5 Pada wilayah dengan $F(x)$ bernilai negatif, usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut bernilai negatif. Pada wilayah dengan $F(x)$ bernilai positif, usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut bernilai positif.....	96
Gambar 5.6 Grafik contoh soal	96
Gambar 5.7 Lintasan partikel pada bidang xy	100
Gambar 5.8 Benda bergerak vertical ke atas oleh gaya angkat.....	102
Gambar 5.9 Usaha gaya gravitasi saat benda bergerak dengan lintasan lurus	102
Gambar 5.10 Seorang bermain skateboard di lintasan melengkung	103
Gambar 5.11 Usaha gaya gravitasi saat benda bergerak dengan lintasan melengkung	103
Gambar 5.12 Perbesaran dari bagian kecil lintasan.....	104
Gambar 5.13 Bermain trampolin.....	105
Gambar 5.14 Pegas (Sumber : Sears. Zemanmsky, 1982 ; 170).....	106
Gambar 5.15 Peregangan pegas (Sumber : Sears. Zemanmsky, 1982 ; 170).....	106
Gambar 5.16 Gerakan pada ayunan	108
Gambar 5.17 Gaya gesek pada orang berjalan	109
Gambar 6.1 Sebuah truk yang sedang menanjak dibuntuti oleh sebuah mobil.....	123
Gambar 6.2 Gaya Impuls selama Δt	124
Gambar 6.3 (a) Seorang pemain tenis sedang melakukan spin ball (b) Seorang petinju sedang melakukan Counter Attack.....	125
Gambar 6.4 Dua Gaya Internal yang Bekerja Pada Dua Bola	125
Gambar 6.5 Fase Tumbukan Dua Benda.....	126
Gambar 6.6 Fenomena tumbukan dalam kehidupan sehari-hari.....	127
Gambar 6.7 Tumbukan Sentral Lurus Dua Benda.....	128
Gambar 6.8 Peristiwa tabrakan dua mobil	130
Gambar 6.9 Tumbukan Dalam Dua Dimensi	131
Gambar 7.1 Analisis Titik berat Benda Pada Desain Jembatan	138
Gambar 7.2 Ilustrasi Pusat Masa Garis dengan Asumsi 2 Partikel Penyusun	139
Gambar 7.3 Pusat Titik Berat Benda	140
Gambar 7.4 Interaksi Titik Pusat Masa dengan Gaya	143
Gambar 7.5 Momen Gaya.....	144
Gambar 7.6 Teorema Sumbu Sejajar	148
Gambar 7.7 Teorema Sumbu Tegak.....	149
Gambar 7.8 Sembarang benda pejal homogen yang berotasi	150
Gambar 7.9 Screenshot video rotasi batang.....	151

Gambar 7.10 Screenshot video rotasi pada katrol.....	152
Gambar 7.11 Vektor Kecepatan Gerak Rotasi	153
Gambar 7.12 Vektor Kecepatan Gerak Translasi	154
Gambar 7.13 Vektor Kecepatan Gerak Menggelinding	154
Gambar 7.14 Momentum Sudut Partikel Titik	157
Gambar 7.15 Aturan tangan kanan dalam penentuan arah L	158
Gambar 7.16 Analisa momentum sudut pada silinder pejal.....	158
Gambar 8.1 Tekanan zat cair pada kedalaman tertentu	163
Gambar 8.2 Tekanan rata-rata air terhadap dinding bendungan bergantung pada kedalaman rata-rata dari air dan tidak pada volume air yang tertampung. Tekanan rata-rata bendungan yang besar hanya setengah dari tekanan bendungan yang sempit,.....	164
Gambar 8.3 Gaya pada flat ditentukan oleh tekanan P pada ketinggian y dalam fluida	165
Gambar 8.4 Ketinggian permukaan air pada tangka 30 m dari keran dapur.....	166
Gambar 8.5 Tekanan zat cair yang dirasakan ikan sama pada kedalaman yang sama, mesti pada volume zat cair yang berbeda.....	166
Gambar 8.6 Gaya dari tekanan zat cair pada permukaan benda tegak lurus dengan permukaan benda.	167
Gambar 8.7 Vektor gaya bekerja tegak lurus pada permukaan dalam bejana dan bertambah besar dengan pertambahan kedalaman zat cair	167
Gambar 8.8 Barometer Air Raksa Sederhana	168
Gambar 8.9 Pompa Hidrolik	169
Gambar 8.10 Manometer Tabung Terbuka.....	170
Gambar 8.11 Kapal Laut Terapung.....	171
Gambar 8.12 Gaya Apung	171
Gambar 8.13 Gaya apung ke atas dalam fluida	172
Gambar 8.14 Benda yang mengapung dalam fluida	174
Gambar 8.15 Benda melayang dalam fluida.....	175
Gambar 8.16 Benda tenggelam dalam fluida.....	176
Gambar 8.17 Hidrometer.....	178
Gambar 8.18 Kapal Laut.....	179
Gambar 8.19 Kapal Selam.....	179
Gambar 8.20 Balon Udara.....	180
Gambar 8.21 Galangan Kapal	182
Gambar 8.22 Tegangan Permukaan.....	182
Gambar 8.23 Contoh Peristiwa Tegangan Permukaan dalam Kehidupan Sehari-hari	184
Gambar 8.24 Pengukuran Air (kiri) dan Pengukuran Raksa (kanan)	186
Gambar 8.25 Permukaan Benda Cair Selalu Datar Ketika Tenang	186
Gambar 8.26 Pengukuran Air dan Raksa Berdasarkan Meniskus.....	186
Gambar 8.27 Ilustrasi Meniskus Cekung Membentuk Sudut Kontak	187
Gambar 8.28 Ilustrasi Meniskus Cembung Membentuk Sudut Kontak.....	188
Gambar 8.29 Ilustrasi Meniskus Cembung Membentuk Sudut Kontak.....	189
Gambar 8.30 Ilustrasi Pengaruh Sudut Kontak Terhadap Ketinggian Cairan dalam Pipa Kapiler	189
Gambar 9.2 (a) Aliran streamline dan (b) Aliran turbulence	196
Gambar 9.3 Aliran fluida pada pipa dengan luas penampang (A) yang bervariasi.....	197

Gambar 9.4 Aliran udara panas pada ruangan.....	198
Gambar 9.5 Aliran Fluida Untuk Penurunan Persamaan Bernoulli	199
Gambar 9.6 Teori Torricelli	200
Gambar 9.7 Daya angkat pada sayap pesawat terbang	201
Gambar 9.8 Bola pejal dijatuhkan ke dalam medium yang kental.....	202

Capaian Pembelajaran (CP)

1. Membedakan besaran pokok dan besaran turunan beserta satuan dan dimensinya serta memprediksi dimensi suatu besaran dan melakukan analisis.
2. Memahami konsep pengukuran dan kesalahan-kesalahan dalam pengukuran.
3. Melakukan operasi dan perkalian vektor dan menerapkannya dalam pemecahan masalah.

indikator

1. Mampu membedakan besaran pokok dan besaran turunan
2. Mampu menuliskan dimensi dari besaran pokok dan besaran turunan
3. Mampu menggunakan analisis dimensi dalam pemecahan masalah
4. Mampu mengetahui konsep pengukuran, angka penting dan kesalahan-kesalahan dalam pengukuran.
5. Mampu melakukan operasi dan perkalian vektor dan menerapkannya dalam pemecahan masalah.

PENGANTAR

Pengenalan Kasus



Kasus :

Sistem kereta api yang dikelola negara Paris – Prancis mengalami kegagalan pembuatan armada kereta api. Seperti dikutip Wall Street Journal, kereta api yang dibuat tersebut, diakui SNCF, perusahaan kereta api nasional Perancis, memiliki ukuran yang terlalu lebar dari platform stasiun. Begitupun yang diberitakan totalrail.org, dalam upaya membenahi kesalahannya tersebut, SNCF telah mengeluarkan biaya puluhan juta euro untuk membuat kereta api baru, yang dibuat hanya untuk menutupi skenario ‘mimpi buruk’ mereka. SNCF menjelaskan bahwa kesalahan itu karena perusahaan tidak menyesuaikan terlebih dahulu dengan kondisi platform stasiun yang sudah dibangun sejak 1980-an atau sudah lebih dari 30 tahun. (Gambar berikut menunjukkan tepi peron terlalu dekat dengan rel di beberapa stasiun yang berarti kereta tidak bisa masuk)



Berdasarkan kasus di atas, menurut Anda apa yang menjadi akar permasalahan tersebut? Menurut Anda, seberapa pentingnya keakuratan dibutuhkan dalam suatu pengukuran? Dan kesalahan-kesalahan seperti apa yang bisa membuat keakuratan hasil pengukuran menjadi berkurang?



Aktivitas Mahasiswa

Untuk dapat menjawab pertanyaan yang diberikan pada kasus di atas, kalian dapat terlebih dahulu mempelajari materi yang diberikan pada kegiatan belajar 1 dalam Modul 1 ini. Dalam kegiatan belajar ini, kalian dapat mempelajari topik mengenai konsep pengukuran. Untuk membantu kalian menyelesaikan dan menjawab pertanyaan pada kasus tersebut, kalian juga diharapkan untuk mengerjakan Lembar Kerja Aktivitas 01 yang dapat di akses pada link berikut : [Aktivitas 01](#).

URAIAN MATERI

A. Hakikat Fisika Dan Metode Ilmiah

Ilmu pengetahuan alam (sains) merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang gejala-gejala alam yang terjadi. Mempelajari sains berarti mempelajari cara memecahkan masalah dari gejala-gejala alam yang dialami manusia. Fisika adalah salah satu cabang sains yang berisi kajian tentang sifat dasar materi (zat) dan energi serta interaksi antara materi (zat) dengan energi tersebut.

Hakekat sains (fisika) adalah: sains sebagai produk ilmiah, sains sebagai proses, dan sains sebagai sikap ilmiah. Sains sebagai produk ilmiah terdiri dari kumpulan pengetahuan yang menyusun fisika dapat berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, teori, model, dan formula (rumus).

Berikut ini uraian tentang kumpulan pengetahuan yang menyusun fisika:

1. Fakta adalah keadaan yang sesungguhnya dari suatu benda atau fenomena alam yang tertangkap oleh indera manusia dan diakui oleh banyak orang sebagai suatu kenyataan. Contoh-contoh fakta dalam fisika: karet bersifat elastis (lentur), baja bersifat kaku dan keras, besi tenggelam dalam air.
2. Konsep adalah gagasan atau abstraksi dari suatu benda atau fenomena alam yang mempunyai sifat atau simbol tertentu. Konsep berfungsi sebagai penghubung antara suatu fakta dengan fakta lain yang saling berhubungan. Contoh-contoh konsep dalam fisika: volume zat cair tetap tetapi bentuknya mengikuti wadah yang ditempatinya; kecepatan adalah perubahan posisi benda tiap satuan waktu.

3. Prinsip adalah pola umum (generalisasi) dari hubungan antara konsep-konsep yang berkaitan. Contoh-contoh prinsip dalam fisika: benda memuai ketika dipanaskan dan menyusut ketika didinginkan.
4. Hukum adalah prinsip yang bersifat spesifik dari kebenarannya telah diterima karena kebenarannya telah teruji secara konsisten dan didukung oleh bukti-bukti secara ilmiah. Contoh-contoh hukum dalam fisika: energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan tetapi dapat dirubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain (hukum kekekalan energi).
5. Teori adalah kerangka yang lebih luas (generalisasi) dari berbagai prinsip yang berhubungan. Contoh-contoh teori dalam fisika: Teori atom Rutherford (atom tersusun atas inti atom yang bermuatan positif dan dikelilingi oleh elektron-elektron yang bermuatan negatif).
6. Model adalah representasi dari suatu benda atau sistem yang dibuat sebagai visualisasi untuk memudahkan pemahaman terhadap suatu benda atau fenomena alam tertentu.
7. Rumus atau formula adalah pernyataan matematis dari suatu fakta, konsep, prinsip, hukum, atau teori yang menggambarkan hubungan keterkaitan antara variabel-variabel yang menggambarkan benda atau fenomena alam.

Fisika sebagai proses ilmiah berkaitan dengan cara kerja para ilmuwan untuk memperoleh pengetahuan-pengetahuan yang menyusun fisika. Dalam hal ini pengetahuan-pengetahuan yang dalam fisika tersebut diperoleh melalui suatu cara penyelidikan (*a way of investigating*) terhadap suatu fenomena. Seorang ilmuwan dituntut melakukan sejumlah proses sains secara terampil. Adapun proses sains yang harus dilakukan oleh seorang ilmuwan dalam melakukan penyelidikan ilmiah tersebut meliputi:

1. Mengamati (observasi), yaitu melakukan kegiatan yang melibatkan panca indera (melihat, mendengar, merasakan, meraba, mencium) terhadap suatu benda atau fenomena alam yang diselidiki.
2. Menggolongkan (mengklasifikasikan), yaitu memilah berbagai benda atau fenomena alam berdasarkan persamaan sifat atau karakteristiknya sehingga diperoleh kumpulan sejenis dari benda atau fenomena alam yang diselidiki.
3. Melakukan pengukuran, yaitu membandingkan besaran-besaran tertentu dari suatu benda atau fenomena alam dengan besaran lain (sejenis) yang ditetapkan sebagai satuan.
4. Mengajukan pertanyaan, yaitu membuat pertanyaan-pertanyaan terkait benda atau fenomena alam yang diselidiki dan mengidentifikasi pertanyaan-pertanyaan yang mungkin dapat dijawab melalui penyelidikan ilmiah.
5. Merumuskan hipotesis, yaitu menjelaskan pengamatan dalam terminologi konsep dan prinsip serta menggunakan penjelasan untuk membuat prediksi fenomena yang diamati

6. Merencanakan dan melakukan penyelidikan (percobaan), yaitu membuat rancangan kerja ilmiah untuk memperoleh sejumlah data dan kemudian melakukan kerja ilmiah sesuai rancangan tersebut.
7. Menginterpretasi dan menafsirkan data atau informasi, yaitu melakukan analisis data, melakukan generalisasi, menarik kesimpulan, serta membuat prediksi berdasarkan pola atau acuan tertentu.
8. Mengkomunikasikan, yaitu menyampaikan hasil percobaan atau penyelidikan dengan menggunakan cara dan media yang tepat.

Fisika sebagai sikap ilmiah berkaitan dengan cara berpikir (*a way of thinking*) seorang ilmuwan dalam melakukan proses sains untuk memperoleh sejumlah pengetahuan.

Hakikat fisika salah satunya adalah proses ilmiah. Dalam hal ini proses keilmuan untuk memperoleh pengetahuan secara sistematis berdasarkan bukti-bukti fisis (data empiris) disebut metode ilmiah dengan kata lain, metode ilmiah juga diartikan sebagai proses berpikir untuk memecahkan masalah secara sistematis, empiris dan terkontrol. Metode ilmiah dilakukan melalui serangkaian tahapan atau langkah yang terurut dan terkontrol.

Adapun langkah-langkah metode ilmiah yang harus dilakukan oleh seorang ilmuwan dalam melakukan penyelidikan ilmiah tersebut meliputi: observasi awal, mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, dan menyimpulkan hasil eksperimen. Berikut penjelasan langkah-langkah metode ilmiah yang harus dalam eksperimen.

1. Observasi awal

Setelah topik yang akan diteliti dalam proyek ilmiah ditentukan, langkah pertama untuk melakukan proyek ilmiah adalah melakukan observasi awal untuk mengumpulkan informasi segala sesuatu yang berhubungan dengan topik tersebut melalui pengalaman, berbagai sumber ilmu pengetahuan, berkonsultasi dengan ahli yang sesuai.

2. Mengidentifikasi masalah

Permasalahan merupakan pertanyaan ilmiah yang harus diselesaikan. Permasalahan dinyatakan dalam pertanyaan terbuka yaitu pertanyaan dengan jawaban berupa suatu pernyataan, bukan jawaban ya atau tidak. Sebagai contoh: Bagaimana cara menyimpan energi surya di rumah? Batasi permasalahan seperlunya agar tidak terlalu luas. Pilih permasalahan yang penting dan menarik untuk diteliti. Pilih permasalahan yang dapat diselesaikan secara eksperimen.

3. Merumuskan hipotesis

Hipotesis merupakan suatu ide atau dugaan sementara tentang penyelesaian masalah yang diajukan dalam proyek ilmiah. Hipotesis dirumuskan atau dinyatakan sebelum penelitian yang seksama atas topik proyek ilmiah dilakukan, karenanya kebenaran hipotesis ini perlu diuji lebih lanjut melalui penelitian yang seksama. Yang perlu diingat, jika menurut

hasil pengujian ternyata hipotesis tidak benar bukan berarti penelitian yang dilakukan salah.

4. Melakukan Eksperimen

Eksperimen dirancang dan dilakukan untuk menguji hipotesis yang diajukan. Perhitungkan semua variabel, yaitu semua yang berpengaruh pada eksperimen. Ada tiga jenis variabel yang perlu diperhatikan pada eksperimen: *variabel bebas*, *variabel terikat*, dan *variabel kontrol*. Variabel bebas merupakan variabel yang dapat diubah secara bebas. Variabel terikat adalah variabel yang diteliti, yang perubahannya bergantung pada variabel bebas. Variabel kontrol adalah variabel yang selama eksperimen dipertahankan tetap.

5. Menyimpulkan hasil eksperimen

Kesimpulan proyek merupakan ringkasan hasil proyek eksperimen dan pernyataan bagaimana hubungan antara hasil eksperimen dengan hipotesis. Alasan-alasan untuk hasil eksperimen yang bertentangan dengan hipotesis termasuk di dalamnya. Jika dapat dilakukan, kesimpulan dapat diakhiri dengan memberikan pemikiran untuk penelitian lebih lanjut.

B. Besaran, Satuan, dan Dimensi

Dalam Sistem Internasional (SI) dikenal tujuh besaran dasar/pokok seperti Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Besaran-besaran Dasar , Satuan, Simbol, dan Alat Ukurnya

No	Besaran Dasar	Simbol Besaran	Satuan	Simbol Satuan	Instrumen
1	Panjang	L	meter	m	Mistar, micrometer skrup, jangka sorong
2	Massa	m	kilogram	kg	Neraca
3	Waktu	t	sekon	s	Stopwatch
4	Arus listrik	i	amper	A	Ampermeter
5	Temperatur	T	Derajat Kelvin	K	Termometer
6	Intensitas Cahaya	I	Lilin/Candela	cd	Luxmeter
7	Jumlah mol	N	Mole	mol	

Besaran-besaran dasar panjang, massa, dan waktu merupakan besaran-besaran utama untuk kebanyakan besaran-besaran fisika oleh karena itu, besaran pokok panjang, massa, dan waktu disebut besaran pokok utama (*primary*). Sedangkan besaran pokok lainnya yaitu arus listrik, temperature, dan intensitas cahaya dinyatakan sebagai besaran pokok pembantu (*auxiliary*). Besaran fisika lain yang tidak termasuk dalam besaran pokok disebut besaran turunan. Beberapa besaran turunan disajikan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Besaran Turunan

No	Besaran Turunan	Simbol Besaran	Satuan
1	Kecepatan	v	m/s
2	Luas	A	m ²
3	Gaya	F	N
4	Usaha	W	watt
5	Percepatan	a	m/s ²
6	Tekanan	P	atm

Dimensi besaran pokok dan besaran turunan ditunjukkan seperti tabel 1.3 dan 1.4

Tabel 1.3 Dimensi Besaran Pokok

Besaran Pokok	Satuan	Lambang Dimensi
Panjang	meter (m)	[L]
Massa	kilogram (kg)	[M]
Waktu	sekon (s)	[T]
Kuat Arus listrik	ampere (A)	[I]
Suhu	kelvin (K)	[θ]
Jumlah zat	mol (mol)	[N]
Intensitas cahaya	kandela (cd)	[J]

Tabel 1.4 Dimensi Besaran Turunan

No	Besaran Turunan	Lambang Dimensi
1	Percepatan	[L][T] ⁻¹
2	Kecepatan	[L][T] ⁻²
3	Gaya	[M][L][T] ⁻²
4	Luas	[L] ²
5	Volume	[L] ³
6	Massa jenis	[M][L] ⁻³
7	Tekanan	[M][L] ⁻¹ [T] ⁻²
8	Usaha	[M][L] ² [T] ⁻²

Suatu cara untuk menentukan satuan dari suatu besaran turunan, dengan cara memerhatikan dimensi besaran tersebut.

Jika G merupakan suatu konstanta dari persamaan gaya tarik menarik antara dua benda yang bermassa m_1 dan m_2 , serta terpisah jarak sejauh

r ($F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$), maka tentukan dimensi dan satuan G !

Diketahui : Persamaannya adalah $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

Dimensi (gaya) $F = [M] \times [L][T]^{-2}$

Dimensi (massa) $m = [M]$

Dimensi (jarak) $r = [L]$

Ditanyakan : a. Dimensi $G = \dots?$

b. Satuan $G = \dots?$

Jawab :

a. $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \Rightarrow G = \frac{Fr^2}{m_1 m_2}$, maka dimensinya adalah

$$G = \frac{\text{gaya} \times (\text{jarak})^2}{\text{massa} \times \text{massa}}$$

$$= \frac{[M] \times [L][T]^{-2}[L]^2}{[M] \times [M]}$$

$$= \frac{[L]^3 [T]^{-2}}{[M]}$$

$$= [M]^{-1} [L]^3 [T]^{-2}$$

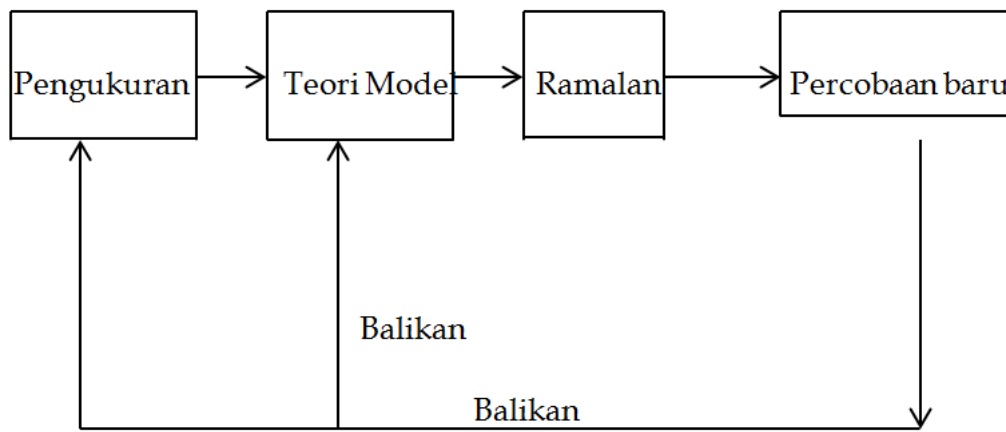
Jadi, dimensi konstanta G adalah $[M]^{-1} [L]^3 [T]^{-2}$.

C. Pengukuran

1. Perkembangan Ilmu Pengetahuan

Konsep dasar dari ilmu fisika ialah bahwa semua pengetahuan harus diuji dengan eksperimen-eksperimen atau pengamatan-pengamatan. Pengamatan biasanya berupa pengamatan kuantitatif atau pengukuran suatu besaran fisika. Kumpulan pengukuran yang diperoleh dari berbagai sumber diolah menjadi suatu model atau teori tentang sesuatu gejala alam. Agar sesuatu teori berguna, teori itu harus dapat menerangkan peristiwa alam yang dikenal waktu itu, dan bahkan harus dapat meramalkan mengenai berbagai hal baru, yang benar tidaknya memerlukan pembuktian melalui percobaan baru, ini adalah cara ilmiah. Jika pada suatu saat apa hasil percobaan ternyata tidak sesuai dengan ramalan teori, maka gugurlah teori itu atau teori itu harus diubah.

Hasil percobaan merupakan balikan untuk teori. Dengan adanya balikan ini perkembangan ilmu senantiasa terjamin dan tidak akan statis atau mandek. Peranan hasil percobaan dapat digambarkan seperti Gambar 1.1



Gambar 1.1 Peranan Hasil Percobaan

Jelaslah kiranya bahwa pengukuran memegang peranan penting sekali dalam pertumbuhan ilmu terapan maupun murni.

Berdasarkan hasil percobaan di laboratorium dasar, kita mempunyai pengalaman-pengalaman yang sangat berbeda. Sering hasil eksperimen atau percobaan tidak sesuai dengan teori yang telah kita pelajari. Dalam beberapa hal teori itu terlalu sederhana tetapi dalam hal-hal lain eksperimen dilakukan dengan tidak benar atau peralatan tidak cocok dengan tujuan eksperimen. Oleh sebab itu perlu dipelajari bagaimana melakukan eksperimen yang benar, dan bagaimana cara menganalisis data hasil eksperimen sehingga kesimpulan hasil eksperimen dapat ditarik dengan benar.

2. Pengukuran dan Jenis-jenis Kesalahan

a. Arti dan Tujuan Mengukur

Mengukur adalah membandingkan suatu besaran yang belum diketahui nilainya dengan besaran lain yang sejenis dan telah ditentukan. Ukuran besaran yang telah ditentukan disebut satuan. Hasil pengukuran berupa bilangan + satuan, bilangan + satuan ini menyatakan nilai dari besaran yang diukur. Karena itu bilangan + satuan ini tak bisa dipisahkan. Bilangan suatu besaran tanpa satuan, maka besaran itu tidak mempunyai makna. Mengukur bertujuan memperoleh informasi tentang besaran-besaran fisik secara kualitatif, atau menentukan nilai dari suatu besaran yang tidak diketahui.

Jenis pengukuran dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yakni: pengukuran langsung dan pengukuran tak langsung. Pengukuran langsung adalah suatu pengukuran dimana nilai dari suatu besaran yang akan ditentukan, dapat dibaca langsung pada alat ukur yang digunakan. Contoh dari pengukuran langsung: mengukur temperatur sebuah benda dengan menggunakan termometer, mengukur massa sebuah benda dengan menggunakan neraca, mengukur kuat arus dalam suatu rangkaian tertutup dengan menggunakan amperemeter dan sebagainya.

Pengukuran tak langsung adalah suatu pengukuran dimana nilai dari besaran yang akan ditentukan dengan cara menganalisis data hasil pengukuran langsung. Contoh dari pengukuran tak langsung: mengukur massa jenis sebuah benda, mengukur luas ruangan, mengukur percepatan sebuah benda dan sebagainya.

b. Ketelitian (*Accuracy*), Ketepatan (*Precision*), dan Kepekaan (*Sensitivitas*)

Ketelitian adalah harga terdekat dengan mana suatu pembacaan instrumen mendekati harga sebenarnya dari variabel yang diukur. Ketelitian alat menyatakan nilai terdekat dengan nilai sebenarnya dari besaran yang diukur oleh alat itu.

Ketepatan menyatakan tingkat kesamaan di dalam sekelompok pengukuran. Ketepatan merupakan ukuran kemampuan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang serupa. Untuk menunjukkan perbedaan antara ketelitian dan ketepatan, kita ambil contoh: dua buah voltmeter dari pembuatan dan model yang sama. Dengan demikian kedua alat ini dapat dibaca pada ketepatan yang sama. Jika nilai tahanan dalam voltmeter berubah pembacaannya bisa mengakibatkan kesalahan yang cukup besar. Karena itu ketelitian kedua voltmeter tersebut akan berbeda. Ketepatan terdiri dari dua karakteristik, yaitu kesesuaian dan jumlah angka penting, artinya semakin banyak jumlah angka penting hasil pengukuran semakin tepat.

Kepekaan adalah kecepatan penyesuaian (*respon*) instrumen terhadap perubahan nilai besaran yang diukur. Makin peka alat itu, makin dapat mendeteksi perubahan nilai sekecil-kecilnya dari besaran yang diukur. Akibat adanya tambahan lapisan debu pada salah satu piringan dari neraca ber lengan sama, terjadilah penyimpangan lengan neraca. Hal ini bisa menyebabkan neraca menjadi tak peka atau kurang peka.

c. Jenis-Jenis Kesalahan

Tidak ada pengukuran yang menghasilkan ketelitian yang sempurna, dengan kata lain hasil pengukuran selalu dihindangi kesalahan. Namun ada upaya mengurangi kesalahan. Langkah pertama yang diperlukan untuk mengurangi kesalahan adalah mempelajari sumber-sumber kesalahan tersebut. Kesalahan-kesalahan dapat terjadi karena berbagai sebab, dan umumnya dibagi dalam tiga jenis utama yaitu kesalahan umum, kesalahan-kesalahan sistematis, dan kesalahan-kesalahan acak.

1) Kesalahan-kesalahan Umum

Jenis kesalahan ini terutama disebabkan oleh kekeliruan manusia dalam melakukan pembacaan, pemakaian instrumen dan dalam pencatatan serta penafsiran hasil-hasil pengukuran. Kesalahan umum yang sering dilakukan pengukur pemula adalah pemakaian instrumen yang tidak sesuai. Sebagai contoh, sebuah voltmeter yang telah dikalibrasi dengan

baik dapat menghasilkan pembacaan yang salah bila dihubungkan antara dua titik di dalam sebuah rangkaian tahanan tinggi, sedangkan bila voltmeter tersebut dihubungkan ke sebuah rangkaian yang tahanannya rendah dapat menghasilkan pembacaan yang benar.

Contoh Soal 1.1. Sebuah voltmeter dengan kepekaan 1000 /V membaca 100 volt pada skala 150 volt bila dihubungkan diantara ujung-ujung sebuah tahanan yang besarnya tidak diketahui. Tahanan ini dihubungkan secara seri dengan sebuah miliampermeter. Bila miliampermeter membaca 5 mA, tentukan (a) tahanan yang terbaca, (b) nilai tahanan aktual dari tahanan yang diukur, (c) kesalahan karena efek pembebanan voltmeter.

Jawaban:

(a) Tahanan total rangkaian adalah: $R_T = \frac{V_T}{I_T} = \frac{100V}{5mA} = 20k\Omega$

Dengan mengabaikan tahanan miliampermeter, harga tahanan yang tidak diketahui adalah $R_x = 20 k\Omega$.

$$R_v = 1000 \frac{\Omega}{V} \times 150V = 150k\Omega$$

(b) Tahanan voltmeter adalah:

$$R_v = 1000 \frac{\Omega}{V} \times 150V = 150k\Omega$$

Karena voltmeter tersebut paralel terhadap tahanan yang tidak diketahui, kita dapat menuliskan:

$$R_x = \frac{R_T R_v}{R_v - R_T} = \frac{20 \times 150}{150 - 20} = 23,05k\Omega$$

(c) Persentase kesalahan adalah:

$$\begin{aligned} K_r &= \frac{\text{aktual} - \text{terbaca}}{\text{aktual}} \times 100\% \\ &= \frac{23,05 - 20}{23,05} \times 100\% = 13,23\% \end{aligned}$$

Contoh di atas menunjukkan bahwa voltmeter menimbulkan suatu “efek pembebanan” terhadap rangkaian, yakni mengubah keadaan awal rangkaian tersebut sewaktu mengalami proses pengukuran. Kesalahan-kesalahan umum tidak dapat dinyatakan secara matematis tetapi dapat dihindari dengan melakukan pemilihan instrumen yang tepat, pembacaan yang cermat, dan menganalisis data pengukuran yang benar.

2) Kesalahan Sistematis

Jenis kesalahan-kesalahan ini biasanya dibagi dalam dua bagian, sebagai berikut.

a) Kesalahan-kesalahan instrumen yakni kekurangan-kekurangan dari instrumen itu sendiri.

- b) Kesalahan-kesalahan lingkungan, yakni yang disebabkan oleh keadaan-keadaan luar yang mempengaruhi pengukuran.

Kesalahan-kesalahan instrumen tidak dapat dihindari. Misalnya tarikan pegas yang tidak teratur dan kesalahan kalibrasi yang menyebabkan hasil pengukuran tidak tepat. Kesalahan-kesalahan instrumen dapat dihindari dengan cara: pemilihan instrumen yang baik, menggunakan faktor-faktor koreksi, dan mengkalibrasikan instrumen tersebut terhadap sebuah instrumen yang standar.

Kesalahan-kesalahan karena lingkungan disebabkan oleh keadaan luar yang mempengaruhi instrumen, seperti: efek perubahan temperatur, kelembaban, medan magnet dan medan elektrostatik. Cara-cara yang tepat untuk mengurangi efek-efek ini diantaranya adalah pengkondisian udara, penyegelan komponen-komponen instrumen, dan pemakaian pelindung magnetik.

3) Kesalahan-kesalahan Acak

Kesalahan-kesalahan ini diakibatkan oleh penyebab-penyebab yang tidak diketahui dan terjadi secara acak. Kesalahan-kesalahan ini biasanya hanya kecil pada pengukuran yang telah direncanakan secara baik, tetapi menjadi penting pada pekerjaan-pekerjaan yang memerlukan ketelitian tinggi. Misalnya suatu tegangan akan diukur dengan sebuah voltmeter yang dibaca setiap setengah jam.

Walaupun instrumen dioperasikan pada kondisi-kondisi lingkungan yang sempurna dan telah dikalibrasi secara tepat, akan diperoleh hasil-hasil pembacaan yang sedikit berbeda selama periode pengamatan. Perubahan ini tidak dapat dikoreksi dengan cara kalibrasi dan juga oleh cara pengontrolan yang ada. Cara satu-satunya untuk membetulkan kesalahan ini adalah dengan menambah jumlah pengukuran dan menggunakan cara-cara statistik untuk mendapatkan pendekatan paling tinggi terhadap harga yang sebenarnya.

d. Angka Penting

Suatu indikasi bagi ketepatan pengukuran diperoleh dari banyaknya angka penting. Angka penting tersebut memberikan informasi yang aktual mengenai nilai dan ketepatan pengukuran. Makin banyak angka penting ketepatan pengukuran menjadi lebih besar. Sebagai contoh hasil pengukuran sebuah tahanan dinyatakan sebesar 68, hasil pengukuran ini terdiri dari dua angka penting, sedangkan pada hasil pengukuran yang dinyatakan dengan 68,0 terdiri dari tiga angka penting. Dikatakan bahwa hasil pengukuran 68,0 mempunyai ketepatan yang lebih tinggi daripada hasil pengukuran 68.

Bila dua atau lebih hasil pengukuran dengan tingkat ketepatan yang berbeda dijumlahkan atau dikurangkan, maka hasilnya hanya boleh mengandung satu angka tafsiran.

Contoh Soal 1.2. Dua buah tahanan R1 dan R2 dihubungkan secara seri. Pengukuran masing-masing menghasilkan $R_1 = 18,7 \, \Omega$ dan $R_2 = 3,624 \, \Omega$. Tentukan tahanan total sampai berapa angka penting yang memenuhi

Jawaban:

$$R_1 = 18,7 \, \Omega \text{ (tiga angka penting)}$$

$$R_2 = 3,624 \, \Omega \text{ (empat angka penting)}$$

$$R_{\text{total}} = 22,3 \, \Omega \text{ (tiga angka penting)}$$

Bila dua atau lebih hasil pengukuran dengan tingkat ketepatan yang berbeda dikalikan atau dibagi, maka hasilnya hanya seteliti hasil pengukuran yang paling kecil ketepatannya.

Contoh Soal 1.3. Untuk menentukan beda tegangan pada ujung-ujung sebuah tahanan, arus sebesar 3,18A dialirkan melalui sebuah tahanan $35,68 \, \Omega$. Tentukan penurunan tegangan pada tahanan tersebut sampai angka-angka penting yang memenuhi.

Jawaban:

$$V = IR = (3,18\text{A}) \times (35,68 \, \Omega) = 113,462 \text{ V} = 113 \text{ V}.$$

Dalam praktek yang umum, jika angka-angka paling tidak berarti (*least significant digits*) dalam posisi pertama yang akan dihilangkan lebih kecil dari lima maka angka tersebut beserta angka-angka berikutnya dihilangkan. Jika angka dalam posisi pertama yang akan dihilangkan lebih besar dari lima maka angka sebelumnya ditambah satu. Jika angka dalam posisi pertama yang akan dihilangkan sama dengan lima, jika angka sebelumnya angka ganjil maka angka sebelumnya ditambah satu, tetapi jika angka sebelumnya angka genap maka angka sebelumnya tetap.

e. Hasil Pengukuran Selalu Mengandung Kesalahan

Pengukuran biasanya dilakukan untuk diteruskan ke dunia luar, agar orang lain mendapat faedah dari pengukuran tersebut, misalnya untuk keperluan ilmiah atau untuk keperluan praktis lainnya. Misalnya panjang dan lebar sebuah dinding ruangan kita ukur untuk mengetahui luas hingga kita dapat memesan jumlah cat yang cukup. Hal ini menimbulkan beberapa pertanyaan diantaranya: (1) bagaimanakah cara memberitahukan hasil pengukuran itu?, (2) apa jaminan hasil pengukuran tidak salah, dan jika kurang tepat berapakah simpangannya atau sampai berapa jauhkah hasil itu dapat dipercaya?

Apabila tebal daun meja kita ukur dengan menggunakan jangka sorong, hasilnya misalnya dilaporkan $t = 2,13 \times 10^{-2}$ m. Ketelitian hasil pengukuran nampak yakni jumlah angka penting yang digunakan dalam pelaporan. Mengenai jaminan, kita tidak dapat memberikan sepenuhnya bahwa hasil pengukuran itu tepat, karena tidak disertai suatu ketidakpastian atau kesalahan. Oleh karena itu selain kita menyajikan hasil pengukuran, kita juga harus membuat taksiran mengenai ketidakpastian yang melekat pada hasil pengukuran itu dan melaporkannya dengan jujur. Dengan demikian orang dapat menilai dan mempercayai hasil pengukuran itu dengan wajar.

Jika kita mengukur besaran x , maka hasilnya harus dilaporkan

$$X = \bar{X} \pm \Delta X$$

Pada pengukuran tunggal $\bar{x}$ (nilai terbaik) adalah nilai hasil pengukuran tunggal, dan Δx sama dengan $\frac{1}{2}$ dari nst (nilai skala terkecil). Sebagai contoh, pengukuran panjang pensil (P) dengan menggunakan mistar dengan nst 1 mm, ditunjukkan 20,6 mm. Hasil pengukuran harus dilaporkan $P = (20,6 \pm 0,5)$ mm.

Pada pengukuran berulang $\bar{x}$ (nilai terbaik) adalah nilai rata-rata dapat dihitung dengan persamaan:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \text{ dengan } n = \text{jumlah pengukuran.}$$

Sebagai Δx sering diambil *Deviasi standar*, dapat dihitung dengan persamaan:

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

Ketidakpastian Δx pada pengukuran tunggal ataupun pengukuran berulang dinamai ketidakpastian mutlak. Cara lain menyatakan ketidakpastian besaran x ialah dengan

ketidakpastian relatif, yakni $Kr = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \times 100\%$.

Contoh Soal 1.4. Data hasil pengukuran sebuah tahanan adalah: 10,0 ; 10,2; 10,0; 9,8; 10,1; 9,8; 10,3; 9,8; 10,0; 10,0 dalam satuan Ohm. Tentukan nilai terbaik serta ketidakpastiannya.

Jawaban:

Tabel Kerja

No	$R_i \Omega$	$(R_i - \bar{R})$	$(R_i - \bar{R})^2$
1	10,0	0,0	0,00
2	10,2	0,2	0,04
3	10,0	0,0	0,00
4	9,8	-0,2	0,04
5	10,1	0,1	0,01
6	9,8	-0,2	0,04
7	10,3	0,3	0,09
8	9,8	-0,2	0,04
9	10,0	0,0	0,00
10	10,0	0,0	0,00
Σ	100,0	0,0	0,26

$$\bar{R} = \frac{100,0}{10} = 10,0 \Omega$$

$$\Delta R = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n(n-1)}} = \frac{0,26}{9,5} = 0,0274 = 0,0\Omega$$

Ω

Seperti halnya ketidakpastian mutlak, ketidakpastian relatif dapat dihubungkan dengan ketepatan (*precision*) pengukuran yang bersangkutan, yakni makin kecil ketidakpastian relatif, makin besarlah ketepatan yang tercapai pada pengukuran tersebut. Misalnya pengukuran x yang menghasilkan ketidakpastian relatif 1% dikatakan lebih *precision* daripada pengukuran yang menghasilkan ketidakpastian relatif 5%.

Ketidakpastian relatif mengandung informasi yang lebih banyak daripada ketidakpastian mutlak.

Perhatikan pengukuran panjang (pengukuran tunggal)

$$x = (10,0 \pm 0,5) \text{ mm dan}$$

$$x = (100,0 \pm 0,5) \text{ mm}$$

Pada kedua pengukuran itu ketidakpastian mutlak sama besar, yaitu 0,5 mm, yang dapat diartikan bahwa kedua pengukuran itu menggunakan instrumen yang sama. Pengukuran kedua dapat menentukan x dengan ketepatan 0,5 %, sedangkan pengukuran pertama hanya dengan ketepatan 5 %. Jadi alat tadi dapat mengukur jarak 100 mm dengan ketepatan 10 x lebih