

FISIKA

(C1) KELAS X

Jarot Suseno

PT Kuantum Buku Sejahtera

FISIKA

SMK/MAK Kelas X

© 2020

Hak cipta yang dilindungi Undang-Undang ada pada Penulis.

Hak penerbitan ada pada **PT Kuantum Buku Sejahtera**.

Penulis	: Jarot Suseno
Editor	: Fourdina Ratnasari
Desainer Kover	: Achmad Faisal
Desainer Isi	: Putri Ari Kristanti
Tahun terbit	: 2020
ISBN	: 978-623-7591-35-1

Diterbitkan oleh

PT Kuantum Buku Sejahtera

Anggota IKAPI No. 212/JTI/2019

Jalan Pondok Blimbing Indah Selatan X N6 No. 5 Malang - Jawa Timur

Telp. (0341) 438 2294, Hotline 0822 9951 2221;

Situs web: www.quantumbook.id

*Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, baik secara elektronis maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari **PT Kuantum Buku Sejahtera**.*

Daftar Isi

Prakata	vi
Bab 1 Besaran, Satuan, dan Pengukuran.....	1
A. Besaran.....	2
B. Dimensi	5
C. Besaran Vektor dan Skalar.....	6
D. Konversi Satuan dan Awalan Satuan Fisika.....	6
E. Angka Penting	8
F. Alat Ukur dan Keteranganannya.....	9
G. Kesalahan dalam Pengukuran	12
H. Vektor.....	13
Uji Kompetensi.....	17
Bab 2 Kinematika Gerak.....	21
A. Kinematika Gerak Lurus	22
B. Gerak Vertikal.....	27
C. Kinematika Gerak Melingkar	29
Uji Kompetensi.....	34
Bab 3 Dinamika Partikel.....	39
A. Hukum I Newton	40
B. Hukum II Newton	41
C. Hukum III Newton	41
D. Gaya Berat dan Massa.....	43
E. Gaya Normal.....	43
F. Gaya Gesekan	44
G. Gaya Sentripetal	46
H. Gaya pada Penerapan Lain	47
Uji Kompetensi.....	49
Bab 4 Usaha, Energi, dan Daya	55
A. Usaha	56
B. Energi, Sumber Energi dan Bentuk Energi	56
C. Energi Potensial	57
D. Energi Kinetik.....	57
E. Hubungan antara Usaha dan Energi	57
F. Energi Mekanik.....	58
G. Hukum Kekekalan Energi Mekanik	58
H. Daya dan Efisiensi Daya	58
Uji Kompetensi.....	60

Bab 5	Momentum, Impuls, dan Tumbukan.....	65
	A. Momentum dan Impuls.....	66
	B. Hukum Kekekalan Momentum	67
	C. Tumbukan.....	68
	D. Aplikasi Tumbukan	68
	Uji Kompetensi.....	70
Bab 6	Gerak Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar	75
	A. Gerak Rotasi.....	76
	B. Momen Gaya dan Momen Inersia.....	78
	C. Momentum Sudut.....	81
	D. Keseimbangan Benda Tegar	82
	Uji Kompetensi.....	85
Bab 7	Sifat Mekanik Bahan	91
	A. Kekuatan Bahan	92
	B. Elastisitas Bahan.....	92
	C. Hukum Hooke.....	93
	D. Susunan Pegas	94
	Uji Kompetensi.....	95
Bab 8	Fluida Statis dan Fluida Dinamis.....	101
	A. Fluida Statis	102
	B. Fluida Dinamis.....	107
	Uji Kompetensi.....	113
Bab 9	Getaran, Gelombang, dan Bunyi.....	119
	A. Getaran	120
	B. Gelombang.....	123
	C. Bunyi	127
	Uji Kompetensi.....	132
Bab 10	Suhu dan Kalor	137
	A. Suhu dan Termometer.....	138
	B. Kalor	139
	C. Pemuaian.....	141
	D. Perpindahan Kalor	143
	Uji Kompetensi.....	146
Bab 11	Termodinamika	151
	A. Hukum Nol Termodinamika	152
	B. Hukum I Termodinamika	153
	C. Hukum II Termodinamika	163
	Uji Kompetensi.....	164

Bab 12	Listrik Statis dan Listrik Dinamis DC	169
A.	Listrik Statis.....	170
B.	Listrik DInamis	178
C.	Hukum Ohm.....	182
D.	Elemen/Gaya Gerak Listrik (GGL)	184
	Uji Kompetensi.....	187
Bab 13	Kemagnetan	193
A.	Magnet.....	194
B.	Hukum Coulomb	194
C.	Medan Magnet.....	195
D.	Sifat Bahan Magnetik.....	197
E.	Penggunaan Magnet	197
F.	Elektromagnetik	198
G.	Induksi Elektromagnetik.....	203
H.	Induksi Elektromagnetik dalam Kehidupan	204
	Uji Kompetensi.....	207
Bab 14	Listrik Dinamis Sumber AC	213
A.	Karakteristik Arus dan Tegangan AC	214
B.	Alat Ukur Tegangan Sumber Arus AC	215
C.	Rangkaian Tertutup Sumber Arus AC	217
	Uji Kompetensi.....	229
Bab 15	Optik Geometris	235
A.	Sifat-Sifat Cahaya.....	236
B.	Pemantulan Cahaya.....	236
C.	Pembiasan Lensa	242
D.	Alat-Alat Optik.....	245
E.	Kamera	247
F.	Lup	248
	Uji Kompetensi.....	249
	Daftar Pustaka	255
	Biodata Penulis	260
	Biodata Konsultan	261
	Tim Kreatif.....	262

Prakata

Dalam menyongsong revolusi industri 4.0, model pembelajaran abad 21 memiliki karakteristik atau prinsip-prinsip meliputi pendekatan pembelajaran berpusat pada peserta didik; peserta didik dibelajarkan untuk mampu berkolaborasi; materi pembelajaran dikaitkan dengan permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari sehingga pembelajaran harus memungkinkan peserta didik terhubung dengan kehidupan sehari-hari; dan dalam upaya mempersiapkan peserta didik menjadi warga negara yang bertanggung jawab.

Salah satu pendekatan pembelajaran yang dapat mengakomodir karakteristik pembelajaran abad 21 tersebut adalah pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* atau disingkat dengan STEM. STEM merupakan suatu pendekatan sains, teknologi, *engineering*, dan matematika diintegrasikan dengan fokus pada proses pembelajaran pemecahan masalah dalam kehidupan nyata. Pembelajaran STEM memperlihatkan kepada peserta didik mengenai konsep-konsep, prinsip-prinsip sains, teknologi, *engineering*, dan matematika digunakan secara integrasi untuk mengembangkan produk, proses, dan sistem yang memberikan manfaat untuk kehidupan manusia.

Untuk menyiapkan peserta didik Indonesia memperoleh keterampilan abad 21, yaitu keterampilan cara berpikir melalui berpikir kritis, kreatif, mampu memecahkan masalah dan mengambil keputusan serta cara bekerja sama melalui kolaborasi dan komunikasi maka pendekatan STEM diadopsi untuk menguatkan implelementasi kurikulum 2013. Pendekatan STEM diyakini sejalan dengan ruh kurikulum 2013 yang dapat diimplementasikan melalui penggunaan model pembelajaran berbasis proyek.

Buku *Fisika* ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 yang didukung dengan metode STEM dan dipakai sebagai sumber belajar peserta didik karena isinya yang lengkap, padat informasi, dan mudah dipahami. Dalam buku ini tidak hanya menjelaskan secara teoretis tetapi juga penerapan konsep dalam kehidupan sehari-hari. Penulis mohon saran dan kritikan yang bersifat membangun agar kualitas buku ini sesuai dengan harapan pengguna.

Trenggalek, Januari 2020

Penulis

BAB

1

Besaran, Satuan, dan Pengukuran

Kompetensi Dasar

- 3.1 Menerapkan prinsip-prinsip pengukuran besaran fisis, angka penting, dan notasi ilmiah pada bidang teknologi dan rekayasa.
- 4.1 Melakukan pengukuran besaran fisis dengan menggunakan peralatan dan teknik yang tepat serta mengikuti aturan angka penting.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini peserta didik mampu

1. memahami konsep besaran pokok dan besaran turunan;
2. memahami satuan dan konversinya;
3. menjelaskan jenis-jenis alat ukur;
4. memahami pengukuran dan ketidakpastian pengamatan;
5. melakukan pengukuran dengan beberapa alat ukur besaran fisika;
6. menjelaskan dimensi besaran fisika;
7. membedakan antara besaran skalar dan vektor;
8. menghitung besaran fisika dengan aturan angka penting; dan
9. menjelaskan penguraian, penjumlahan, dan pengurangan vektor.

Besaran adalah sesuatu yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka serta memiliki satuan. Satuan adalah suatu patokan yang digunakan sebagai pembanding dalam pengukuran. Pembacaan hasil pengukuran adalah nilai besaran yang diukur dan satuannya, misalnya nilai hasil pengukuran massa beras menggunakan neraca/timbangan sebesar 2 kg. Hal ini berarti massa beras merupakan besaran, 2 adalah nilainya, dan kilogram adalah satuan dari besaran massa. Neraca/timbangan adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran massa tersebut.

A. Besaran

Berikut akan diuraikan mengenai besaran pokok dan besaran turunan.

1. Besaran Pokok

Besaran secara umum dibagi menjadi dua, yaitu besaran pokok dan besaran turunan. Besaran pokok adalah besaran yang satuannya sudah ditetapkan terlebih dahulu dan tidak diturunkan dari besaran lain. Penetapan besaran ini dilakukan oleh Organisasi Internasional Timbangan dan Pengukuran. Selain itu, ditetapkan juga satuan dari besaran tersebut yang menjadidi dasar bagi Sistem Internasional (SI). Ada tujuh besaran pokok dalam SI.

Tabel 1.1 Tabel Besaran Pokok

No	Nama Besaran	Simbol	Satuan	Dimensi
1	Panjang	L	meter (m)	L
2	Massa	m	kilogram (kg)	M
3	Waktu	t	sekon (s)	T
4	Arus listrik	I	ampere (A)	I
5	Suhu	T	kelvin (K)	°C
6	Jumlah zat	N	mole (mol)	N
7	Intensitas cahaya	I	candela (cd)	J

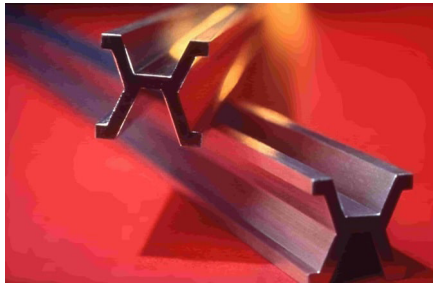
Sumber: Jarot Suseno

Simbol besaran fisika biasanya diambil dari kata serapan dalam bahasa inggris, contoh: besaran panjang dengan simbol L dari kata *length* artinya panjang dan besaran waktu dengan simbol t dari kata *time* artinya waktu. Dimensi menunjukkan nilai kebenaran suatu rumus atau persamaan fisika. Pembahasan tentang dimensi akan dibahas pada besaran turunan. Berikut tujuh satuan besaran pokok.

a. Satuan panjang

Satuan panjang menurut SI adalah meter (disingkat m). Satuan ini didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh dalam perjalanan cahaya di ruang hampa (vakum)

selama $\frac{1}{299.792.458}$ detik .



Gambar 1.1 Batangan standar prototipe meter internasional
Sumber: Mohanty, t.t

Standar panjang internasional yang pertama kali dibuat adalah sebuah batang dari campuran platina iridium yang disebut meter standar. Batang meter tersebut disimpan oleh Organisasi Internasional Timbangan dan Ukuran di Sevres, dekat Paris. Satu meter didefinisikan sebagai jarak antara dua goresan pada meter standar yang bersuhu 0°C .

Pada tahun 1960 standar satuan panjang diubah lagi. Satu meter didefinisikan sebagai 1.650.763,73 kali panjang gelombang sinar jingga yang dipancarkan oleh atom-atom krypton-86 pada suatu lucutan listrik di ruang hampa. Pada tahun 1983 definisi satu meter diubah lagi. Definisi satu meter yang baru adalah jarak

yang ditempuh cahaya dalam ruang hampa selama $\frac{1}{299.792.458}$ detik.

b. Satuan panjang

Massa menyatakan banyaknya zat dalam satu benda. Massa benda selalu sama di tempat benda tersebut berada. Satuan SI untuk massa adalah kilogram (kg). Satu kilogram standar adalah massa sebuah silinder platina iridium yang disimpan di Sevres, dekat Paris.



Gambar 1.2 Standar 1 kg platina iridium
Sumber: Afp, 2018

Dengan meniru kilogram standar, dibuatlah standar sekunder. Standar sekunder ini disebarkan ke badan metrologi berbagai negara. Massa dapat ditentukan dengan menggunakan neraca ber lengan sama.

c. Satuan waktu

Standar satuan besaran waktu adalah sekon atau detik. Sekon didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan oleh atom cesium-133 untuk bergetar sebanyak 9.192.631.770 kali. Waktu standar ini disebut juga jam atom karena ditentukan dari getaran atom cesium.



Gambar 1.3 Jam Cesium-133
Sumber: Anonymous, 2013

- d. Satuan kuat arus listrik
Standarkuat arus listrik adalah ampere (disingkat A). Satu ampere didefinisikan sebagai arus tetap yang dipertahankan untuk tetap mengalir pada dua batang penghantar sejajar dengan panjang tidak terhingga serta dengan luas penampang dapat diabaikan dan terpisahkan sejauh satu meter dalam vakum. Hal ini menghasilkan gaya antara kedua batang penghantar sebesar $2 \times 10^{-7} \text{ Nm}^{-1}$.
- e. Satuan suhu
Suhu memiliki satuan internasional yaitu kelvin (disingkat K). Kelvin dijadikan satuan standar karena pada skala suhu 0 K molekul suatu zat tidak akan bergetar dan berotasi. Sementara itu, setiap kenaikan 1 K berarti suhu mengalami kenaikan $\frac{1}{273,16} ^\circ\text{C}$.
- f. Satuan intensitas cahaya
Intensitas cahaya yaitu candela (Cd) adalah besaran yang menyatakan daya yang dipancarkan suatu sumber cahaya pada arah tertentu persatuan sudut. Pengukuran intensitas cahaya untuk media optik dan fotometri sebesar 1 candela sama dengan intensitas sebuah sumber cahaya yang memancarkan radiasi monokromatik dengan frekuensi $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ dan memiliki intensitas pancaran $1/683 \text{ watt}$ per steradian pada arah tertentu.
- g. Satuan jumlah zat
Jumlah zat memiliki satuan internasional mol. Istilah mol diperkirakan berasal dari kata Bahasa Jerman yaitu molekul. Satu mol didefinisikan sebagai jumlah zat suatu sistem yang mengandung "entitas elementer" (atom, molekul, ion, dan elektron) sebanyak atom-atom yang berada dalam 12 gram atom karbon-12. Hal tersebut mengakibatkan berikut ini.
 - 1) Satu mol besi mengandung sejumlah atom yang sama banyaknya dengan satu mol emas.
 - 2) Satu mol benzena mengandung sejumlah molekul yang sama banyaknya dengan satu mol air.
 - 3) Jumlah atom dalam satu mol besi adalah sama dengan jumlah molekul dalam satu mol air.

2. Besaran Turunan

Besaran turunan adalah besaran yang satuannya diturunkan dari satuan besaran pokok. Penurunan besaran pokok ini minimal terdiri dari dua besaran pokok, baik

yang sejenis atau yang tidak sejenis. Contoh dari besaran turunan antara lain luas, volume, gaya, dan kecepatan. Contoh-contoh besaran turunan yang lain dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2 Contoh Besaran Turunan

No	Nama Besaran	Simbol	Satuan		Dimensi
			Satuan SI	Satuan Dasar	
1	Volume	V (volume)	m ³	m ³	L ³
2	Percepatan	a (accelerate)	m/s ²	m/s ²	LT ⁻²
3	Gaya	F (force)	Newton (N)	Kg.m/s ²	MLT ⁻²
4	Tekanan	P (pressure)	Atmosfir (Atm)	Kg/m.s ²	ML ⁻¹ T ⁻²
5	Usaha	W (work)	Joule (J)	Kg.m ² /s ²	ML ² T ⁻²
6	Massa Jenis	ρ (rho)	Kg/m ³	Kg/m ³	ML ³
7	Frekuensi	f (frequention)	Hertz (Hz)	1/s	T ⁻¹
8	Potensial Listrik	V (voltage)	Volt (V)	Kg.m ² /(A.s ³)	ML ² T ⁻³ I ⁻¹

Sumber: Jarot Suseno

Berikut contoh produk besaran turunan.

Luas = panjang x lebar (dari besaran pokok sejenis)
 = meter x meter (satuan dari besaran pokok)
 = m x m
 = m²
 = m

B.

Dimensi

Dimensi menunjukkan urutan besaran pokok satuan panjang, misalnya satuan sentimeter, kilometer, dan desimeter yang ditulis simbol L. Dimensi ditulis sesuai dengan huruf besar dari besaran pokok, kecuali suhu dengan simbol besaran T memiliki dimensi θ karena simbol dimensi T sudah dipakai untuk dimensi besaran waktu. Analisis dimensi menunjukkan bahwa semua persamaan fisika itu benar. Setiap satuan turunannya diuraikan atas faktor-faktor yang didasarkan pada besaran massa, panjang, dan waktu serta besaran pokok yang lain. Metode penjabaran dimensi atau analisis dimensi menggunakan aturan-aturan berikut ini.

1. Dimensi ruas kanan=dimensi ruas kiri.
2. Setiap suku berdimensi sama.

Contoh untuk menganalisis kebenaran dari dimensi jarak tempuh dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

Jarak tempuh = kecepatan x waktu = v . t

Telah diketahui bahwa setiap besaran-besaran tersebut memiliki dimensi sebagai berikut.

1. Dimensi jarak tempuh = dimensi panjang = [L]
2. Dimensi kecepatan = [L][T]⁻¹

3. Dimensi waktu = [T]

Dengan demikian, dimensi jarak tempuh dari rumus $s = v t$, yaitu [jarak tempuh] = [kecepatan] $\times$ [waktu].

$$[L] = [L][T]^{-1} \times [T] \quad [L] = [L].$$

Dimensi besaran pada kedua ruas persamaan sama. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kemungkinan persamaan tersebut benar, namun apabila dimensi besaran pada kedua ruas tidak sama, dapat dipastikan persamaan tersebut salah.

C. Besaran Vektor dan Skalar

Selain besaran pokok dan besaran turunan, dalam fisika ada dua besaran lagi yang juga sangat penting. Besaran tersebut adalah besaran skalar dan besaran vektor. Besaran skalar yaitu besaran yang hanya mempunyai besar atau nilai dan besaran yang mempunyai besar dan arah disebut vektor. Contoh: massa pada saat menimbang hanya mendapatkan beratnya barang seberat 4 kg, tetapi tidak mencari arah dari benda tersebut. Selain massa, contoh besaran skalar yang lain adalah massa jenis, luas, volume, dan kelajuan.

Untuk besaran vektor harus disebutkan besar dan arahnya, misalnya orang bergerak 4 m ke timur, kemudian belok ke utara 5 m. Dari contoh di atas dapat disimpulkan bahwa perpindahan termasuk vektor. Contoh lain dari besaran vektor yaitu percepatan, gaya berat, dan lain-lain. Bagaimana dengan kecepatan? Suatu saat seseorang naik mobil yang sedang bergerak dan jarum speedometer menunjuk angka 50 km/jam. Berapa kelajuan atau kecepatan mobil tersebut? Jelaskan.



Gambar 1.4 Speedometer
Sumber: Autometer, 2020



Gambar 1.5 Timbangan digital
Sumber: Syahrul, 2019

D. Konversi Satuan dan Awalan Satuan Fisika

Konversi satuan adalah mengubah suatu satuan dari besaran tertentu ke satuan lain dalam besaran yang sama. Berikut tabel yang memuat beberapa contoh konversi satuan besaran panjang, massa, dan waktu.

Tabel 1.3 Tabel Konversi Panjang, Massa, dan Waktu

PANJANG	MASSA
1 inci = 2,54 cm	1 satuan massa atom (sma) = $1,6605 \times 10^{-27}$ kg
1 sentimeter (cm) = 0,394 inci	1 kilogram (kg) = 10^3 g = 2,205 lb
1 meter (m) = 3,28 ft	1 slug = 14,59 kg
1 kilometer (km) = 0,621 mil	1 ton = 1.000 kg
1 yard (yd) = 3 ft	WAKTU
1 angstrom (Å) = 10^{-10} m	1 menit = 60 s
1 tahun cahaya (ly) = $9,46 \times 10^{15}$ m	1 jam = 3.600 s
1 parsec = $3,09 \times 10^{16}$ m	1 hari = $8,64 \times 10^4$ s
1 fermi = 10^{-15} m	1 tahun = $3,1536 \times 10^7$ s

Sumber: Jarot Suseno

Konversi dilakukan dengan menyisipkan faktor konversi yang cocok. Faktor konversi merupakan perbandingan dua satuan besaran sejenis sehingga sama dengan satu. Angka yang sangat besar atau sangat kecil oleh kelipatan naik atau turun dapat ditulis secara singkat. Hal ini bertujuan mempermudah penulisan dalam orde yang sangat besar atau sangat kecil. Singkatan sistem metriknya dapat dilihat pada Tabel 1.4 berikut.

Tabel 1.4 Tabel Awalan Besaran Fisika

Konversi Besaran	Orde	Nama	Konversi Besaran	Orde	Nama
1000000000000000000	10^{18}	Eksa (E)	0,1	10^{-1}	desi (d)
1000000000000000	10^{15}	Peta (P)	0,01	10^{-2}	senti (c)
10000000000000	10^{12}	Tera (T)	0,001	10^{-3}	mili (m)
10000000000	10^9	Giga (G)	0,000001	10^{-6}	mikro (μ)
1000000	10^6	Mega (M)	0,000000001	10^{-9}	nano (n)
1000	10^3	kilo (k)	0,0000000000001	10^{-12}	piko (p)
100	10^2	hekto (h)	0,0000000000000001	10^{-15}	femto (f)
10	10^1	deka (da)	0,0000000000000000001	10^{-18}	atto (a)

Sumber: Jarot Suseno

Contoh:

1. Kapasitas suatu *hard disk* adalah 200 G bytes. Jika ditulis dalam bentuk orde adalah 200×10^9 bytes atau 2×10^{11} bytes. Apabila ditulis nominal biasa menjadi 200000000000 bytes.
2. Muatan elektron = $-1,6 \times 10^{-19}$ C = - 0,16 attom C = -0,00000000000000000016 coulomb.
3. Kapasitas suatu kapasitor = 1 pikoF = 1×10^{-12} = 0,000000000001 Farad.

Angka penting adalah nilai hasil pengukuran yang benar-benar diyakini. Dalam penulisan hasil pengukuran selalu tercantum angka-angka pasti dan angka taksiran, misalnya mengukur volume air pada gelas ukur dengan skala ml. Hal ini diperoleh data volume air lebih dari 17 ml, tetapi kurang dari 18 ml maka harus memperhatikan kelebihan air, misalnya 0,6 ml. Dengan demikian, total keseluruhan 17,6 ml. Angka 17 disebut angka pasti dan angka 6 disebut angka tidak pasti atau taksiran.

1. Aturan Angka Penting

Berikut dipaparkan beberapa aturan angka penting.

- Semua angka bukan nol merupakan angka penting. Contoh: 6,98 memiliki 3 angka penting.
- Angka nol yang ada di antara angka bukan nol adalah angka penting. Contoh: 1208 ml memiliki 4 angka penting.
- Semua angka nol sebagai perpangkatan sepuluh bukan angka penting, kecuali diberi tanda khusus, misalnya diberi garis bawah.

Contoh:

28000 m memiliki 5 angka penting

0,450000 s memiliki 6 angka penting

Jika angka penting tersebut dimasukkan dalam suatu perhitungan ada dua cara yang dapat digunakan, yaitu operasi penjumlahan dan perhitungan pada operasi perkalian.

2. Operasi Penjumlahan

Aturan yang berlaku untuk melakukan perhitungan angka penting pada operasi penjumlahan adalah dengan mengikuti angka taksiran yang paling sedikit. Pengurangan juga berlaku aturan ini.

Contoh:

Suatu bangun segitiga sembarang memiliki ukuran panjang masing-masing 2,351 cm, 0,80 cm, dan 5,2 cm. Berapakah keliling bangun segitiga tersebut jika menggunakan aturan angka penting?

Panjang 1 : 2,351 (4 A.P.) dan (3 angka taksiran atau A.T.)

Panjang 2 : 0,80 (2 A.P.) dan (2 A.T.)

Panjang 3 : 5,2 (2 A.P.) dan (1 A.T.)

_____ +

Keliling : 8,351 cm

Jawaban tersebut bukan hasil yang benar. Hasil yang benar harus mengikuti angka taksiran yang paling sedikit, yaitu 1 angka taksiran. Jadi, 8,351 cm (3 A.T.) harus dibenarkan menjadi 8,4 cm (1 A.T.).

3. Operasi Perkalian

Aturan untuk melakukan perhitungan angka penting pada operasi perkalian adalah dengan mengikuti angka penting yang paling sedikit.

Contoh:

Suatu bangun balok memiliki ukuran panjang, lebar, dan tinggi masing-masing 2,351 cm, 0,80 cm, dan 5,2 cm. Berapakah volume bangun balok tersebut jika menggunakan aturan angka penting?

Panjang 1 : 2,351 (4 A.P.)
 Panjang 2 : 0,80 (2 A.P.)
 Panjang 3 : 5,2 (2 A.P.)

Keliling : 9,78016 cm³ X

Jawaban tersebut bukan hasil yang benar. Hasil yang benar harus mengikuti angka penting paling sedikit, yaitu 2 angka penting. Jadi, 9,78016 cm³ (6 A.P.) harus dibulatkan menjadi 9,8 cm³ (2 A.P.).

F. Alat Ukur dan Keterangannya

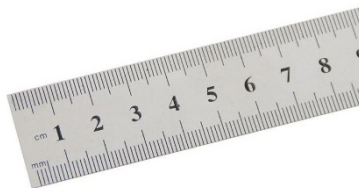
Ketelitian sangat diperlukan dalam pengukuran karena dengan ketelitian pengukuran akan mendekati data yang sebenarnya. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat harus menggunakan alat yang mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi. Misalnya dalam mengukur panjang meja lebih teliti dengan menggunakan mistar daripada jengkal. Untuk lebih jelasnya akan dibahas beberapa alat ukur dan kegunaannya berikut ini.

1. Alat Ukur Panjang

Banyak alat pengukur panjang yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan alat ukur harus disesuaikan fungsi batasan dan ketelitiannya yang berbeda-beda. Alat ukur panjang di antaranya penggaris, jangka sorong, dan mikrometer sekrup. Berikut contoh alat ukur panjang.

a. Mistar (penggaris)

Mistar/penggaris berskala terkecil 1 mm mempunyai ketelitian 0,5 mm. Ketelitiannya adalah setengah nilai skala terkecilnya. Setiap pengukuran menggunakan mistar, usahakan kedudukan pengamat (mata) tegak lurus dengan skala yang akan diukur. Hal ini untuk menghindari kesalahan paralaks. Kesalahan penglihatan (paralaks), yaitu kesalahan alat membaca skala suatu alat ukur karena kedudukan mata pengamat tidak tepat.



Gambar 1.6 Penggaris
 Sumber: Winros, 2020

b. Vernier caliper (jangkasorong)

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur panjang, tebal, kedalaman lubang, dan diameter luar atau dalam suatu benda dengan batas ketelitian 0,1 mm. Jangka sorong mempunyai dua rahang, yaitu rahang tetap dan rahang sorong (nonius). Pada rahang tetap dilengkapi dengan skala utama, sedangkan pada rahang sorong terdapat skala nonius atau skala vernier. Skala nonius mempunyai panjang 9 mm yang terbagi menjadi 10 skala dengan tingkat ketelitian 0,1 mm. Hasil pengukuran menggunakan jangka sorong berdasarkan angka pada skala utama ditambah angka pada skala nonius yang dihitung dari 0 sampai dengan garis skala nonius yang berimpit dengan garis skala utama.



Gambar 1.7 Jangka sorong
Sumber: Mahajan Anil, 2012

c. Mikrometer sekrup



Gambar 1.8 Mikrometer sekrup
Sumber: Salamadian, 2018

Mikrometer sekrup adalah alat ukur ketebalan plat tipis misalnya kertas, seng, dan karbon. Pada mikrometer sekrup terdapat dua macam skala, yaitu skala tetap dan skala putar (nonius).

- 1) Skala tetap (skala utama)
Skala tetap terbagi dalam satuan milimeter (mm). Skala ini terdapat pada laras dan terbagi menjadi dua skala, yaitu skala atas dan skala bawah.
- 2) Skala putar (skala nonius)
Skala putar terdapat pada besi penutup laras yang dapat berputar dan dapat bergeser ke depan atau ke belakang. Skala ini terbagi menjadi 50 bagian ruas yang sama. Satu putaran skala ini menyebabkan skala utama bergeser 0,5 mm. Jadi, satu skala pada skala putar mempunyai ukuran $\frac{1}{50} \times 0,5 \text{ mm} = 0,01 \text{ mm}$. Skala ini memiliki batas ketelitian mikrometer sekrup.

2. **Alat Ukur Massa**

Besaran massa diukur menggunakan neraca. Neraca dibedakan menjadi beberapa jenis seperti neraca analitis dua lengan, neraca ohaus, neraca lengan gantung, dan neraca digital.

a. Neraca analitis dua lengan



Gambar 1.9 Neraca analitis dua lengan
Sumber: Anonymous, 2020

Neraca ini digunakan untuk mengukur massa benda, misalnya emas, batu, kristal benda, dan lain-lain. Batas ketelitian neraca analitis dua lengan yaitu 0,1 gram.

b. Neraca ohaus



Gambar 1.10 Neraca ohaus
Sumber: Agung, 2020

Neraca ini biasa digunakan dalam praktik di laboratorium. Kapasitas beban yang ditimbang dengan menggunakan neraca ini adalah 311 gram. Batas ketelitian neraca ohaus yaitu 0,1 gram.

3. **Alat Ukur Waktu**

Waktu adalah lamanya suatu peristiwa berlangsung. Berikut ini beberapa alat untuk mengukur besaran waktu.

- a. Stopwatch, dengan ketelitian 0,1 detik karena setiap skala dibagi menjadi 10 bagian. Alat ini biasanya digunakan untuk pengukuran waktu dalam kegiatan olahraga atau dalam praktik penelitian.



Gambar 1.11 Stopwatch
Sumber: Azizah Rizqi, t.t

- b. Arloji, umumnya dengan ketelitian 1 detik.
c. Penunjuk waktu elektronik, mencapai ketelitian 1.000 detik.
d. Jam atom cesium, dibuat dengan ketelitian 1 detik tiap 3.000 tahun. Hal ini berarti kesalahan pengukuran jam ini kira-kira satu detik dalam kurun waktu 3.000 tahun.

4. **Alat Ukur Kuat Arus Listrik**

Alat untuk mengukur kuat arus listrik disebut amperemeter. Amperemeter mempunyai hambatan dalam yang sangat kecil dan pemakaiannya harus dihubungkan secara seri pada rangkaian yang diukur. Besarnya arus listrik yang mengalir ditunjukkan oleh simpangan jarum penunjuk.



Gambar 1.12 Amperemeter
Sumber: Sawaal, 2019

5. Alat Ukur Suhu



Gambar 1.13 Termometer
Sumber: Jarot Suseno

Untuk mengukur suhu umumnya menggunakan termometer. Alat ini dibuat berdasarkan prinsip pemuaian. Alat ini dibuat dari sebuah tabung pipa kapiler tertutup yang berisi air raksa yang diberi skala. Ketika suhu bertambah, air raksa dalam tabung memuai. Naiknya ketinggian permukaan raksa dalam tabung kapiler dibaca sebagai kenaikan suhu.

Berdasarkan skala temperaturnya terdapat empat macam termometer, yaitu termometer skala fahrenheit, celcius, kelvin, dan reamur. Termometer skala fahrenheit memiliki titik beku pada suhu 32 F dan titik didih pada 212 F. Termometer skala celcius memiliki titik beku pada suhu 0 C dan titik didih pada 100 C. Termometer skala kelvin memiliki titik beku pada suhu 273 K dan titik didih pada 373 K. Suhu 0 K disebut suhu nol mutlak, yaitu suhu semua molekul berhenti bergerak. Termometer skala reamur memiliki titik beku pada suhu 0 R dan titik didih pada 80 R.

G. Kesalahan dalam Pengukuran

Dalam melakukan pengukuran sering terjadi kesalahan. Beberapa kesalahan tersebut di antaranya dari orang yang melakukan percobaan atau alat yang digunakan. Berikut jenis-jenis kesalahan dalam pengukuran.

1. Kesalahan sistematis, yaitu kesalahan yang disebabkan oleh kesalahan pengaturan alat, kalibrasi alat ukur, atau pengaruh lingkungan tempat pengukuran dilakukan.
2. Kesalahan random (acak), yaitu kesalahan yang disebabkan ketidaksempurnaan alat dan paralaks mata.
3. Kesalahan pengukuran berdasarkan sumbernya.
4. Kesalahan alam karena efek suhu, tekanan, atmosfer, dan angin.

5. Kesalahan alat karena ketidaksempurnaan alat atau kesalahan kalibrasi.
6. Kesalahan manusia karena paralaks mata.
7. Kesalahan hitung, misalnya kesalahan pembulatan hasil pengukuran dan penggunaan faktor konversi satuan.

H. Vektor

Berdasarkan ada tidaknya arah besaran terdapat 2 jenis besaran, yaitu besaran vektor dan skalar. Besaran yang hanya memiliki nilai saja adalah besaran skalar, contoh: massa dan suhu. Besaran yang memiliki nilai (besar) dan arah disebut besaran vektor, contoh: perpindahan dan gaya. Contoh untuk membedakan besaran vektor yaitu ketika seseorang mengukur massa 2 kg gula dan 3 kg beras maka massa total dari gula dan beras pasti 5 kg. Massa merupakan besaran skalar.

Contoh besaran vektor misalnya 2 orang mendorong sebuah meja. Gaya orang pertama 100 N dan gaya orang kedua 150 N. Berapakah gaya total yang bekerja pada meja tersebut? Misalkan gayanya searah maka gaya totalnya adalah 250 N. Jika gayanya berlawanan arah, gaya totalnya adalah 50 N searah dengan orang yang kedua. Bagaimana jika dua gaya orang tersebut membentuk sudut 30° , 45° , tegak lurus atau sudut yang lainnya? Besaran vektor arah dari besaran tersebut akan memengaruhi nilai besaran tersebut.

1. Notasi Vektor

Notasi vektor bertujuan untuk membedakan antara besaran vektor dengan besaran skalar. Vektor ditulis dengan huruf, misalnya A. Berikut penulisan besaran vektor.

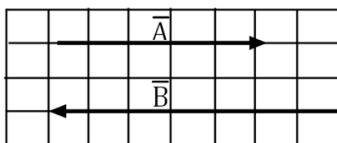
$\vec{A}$ = huruf dengan garis di atas = dibaca A bar

A = huruf dengan cetak miring

A = huruf dengan cetak tebal

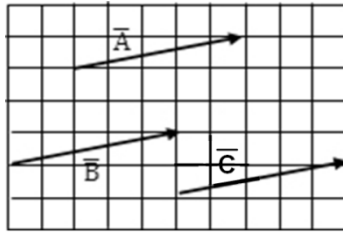
Ketiga penulisan di atas disebut dengan vektor A. Penulisan vektor yang biasa dipakai adalah huruf dengan garis di atas karena mudah dalam penulisan dan lebih mudah cara membedakan dengan tulisan yang lain.

Dua komponen vektor yaitu nilai dan arah. Arah vektor dinyatakan oleh anak panah dan nilai (besar) vektor dinyatakan oleh panjang anak panah. Berikut cara menggambarkan vektor.



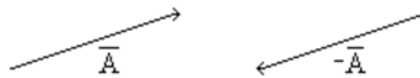
Gambar 1.14 Melukiskan suatu vektor
Sumber: Jarot Suseno

Dari Gambar 1.14, vektor A sebesar 5 satuan dengan arah ke kanan dan vektor B sebesar 7 satuan dengan arah ke kiri. Setelah mengetahui cara melukiskan vektor, vektor dapat dipindahkan dengan syarat arah dan besarnya sama atau jika ada vektor yang memiliki nilai dan arah yang sama dengan vektor lain. Hal ini dapat dikatakan dua vektor tersebut merupakan vektor yang sama. Perhatikan Gambar 1.15 berikut.



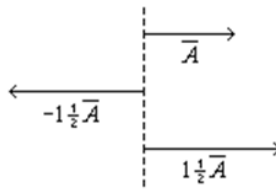
Gambar 1.15 Vektor-vektor yang besarnya sama
Sumber: Jarot Suseno

Dari gambar tersebut tampak vektor A dapat dipindah ke tempat lain. Dapat diketahui juga bahwa vektor $\vec{A} = \vec{B}$. Jika dua vektor memiliki nilai yang sama, tetapi arahnya berlawanan. Salah satu vektor merupakan negasi atau negatif vektor yang lain. Perhatikan Gambar 1.16 berikut.



Gambar 1.16 Vektor yang sama besar namun berlawanan arah
Sumber: Fatkhurrozi, 2015

Selain kedua vektor di atas ada juga vektor yang memiliki nilai n kali dari vektor sebelumnya. Perhatikan Gambar 1.17 berikut ini.



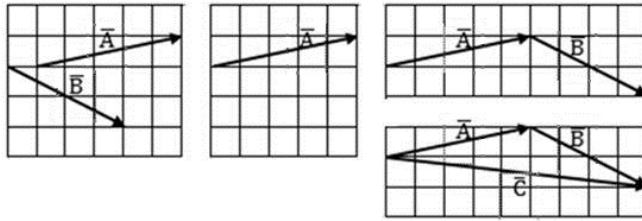
Gambar 1.17 Vektor yang besar n kali vektor
Sumber: Fatkhurrozi, 2015

Dari Gambar 1.17 di atas, $n\vec{A}$ adalah vektor yang besarnya n kali nilai vektor $\vec{A}$ dengan arah yang sama dengan $\vec{A}$ jika n positif serta berlawanan dengan $\vec{A}$ jika n negatif. Secara aturan matematis vektor memiliki sifat-sifat sebagai berikut.

1. $\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$ Sifat komutatif.
2. $\vec{A} + (\vec{B} + \vec{C}) = (\vec{A} + \vec{B}) + \vec{C}$ Sifat asosiatif.
3. $a(\vec{A} + \vec{B}) = a\vec{A} + a\vec{B}$ (pembuktian)
4. $|\vec{A}| + |\vec{B}| \geq |\vec{A} + \vec{B}|$

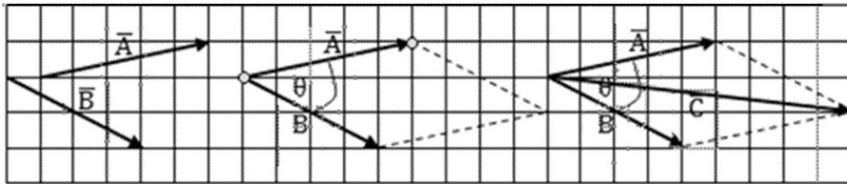
2. Resultan Vektor

Vektor dapat dijumlahkan dengan vektor yang lain. Misalnya ada dua vektor sembarang, yaitu vektor A dan vektor B maka dua vektor tersebut memiliki resultan $\vec{A} + \vec{B}$. Penjumlahan vektor tersebut akan menghasilkan vektor yang baru. Perhatikan contoh dalam gambar berikut.



Gambar 1.18 Penjumlahan vektor A dan vektor B akan menghasilkan vektor baru misalnya vektor C
Sumber: Jarot Suseno

Gambar 1.18 di atas menunjukkan metode paralelogram penjumlahan vektor. Resultan vektor dapat dicari nilainya dengan analisis matematis menggunakan aturan penjumlahan vektor. Adapun menjumlahkan vektor dengan metode analisis matematis adalah sebagai berikut.



Gambar 1.19 Penjumlahan vektor A dan vektor B akan menghasilkan vektor baru misalnya vektor C
Sumber: Jarot Suseno

Contoh soal:

Hitunglah resultan 2 vektor yang masing-masing nilainya 4 satuan dan 6 satuan, membentuk sudut 60° satu sama lain! ($\cos 60^\circ = 0,5$).

Pembahasan:

Diketahui: $A = 4$ satuan
 $B = 6$ satuan
 $\theta = 60^\circ$

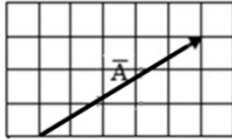
$$\text{Jawab: } C = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta}$$

$$C = \sqrt{4^2 + 6^2 + (2 \times 4 \times 6 \cos 60^\circ)} = \sqrt{16 + 36 + 24} = \sqrt{76}$$

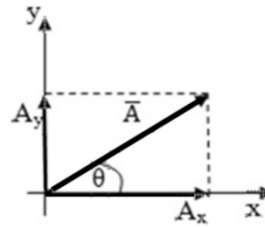
$$C = 2\sqrt{19} \text{ satuan}$$

3. Mengurai Vektor

Mengurai vektor dilakukan untuk mempermudah perhitungan resultan vektor dengan analisis matematis. Maksudnya jika 2 vektor yang akan dijumlah tidak diketahui sudutnya. Tujuan yang lainnya adalah jika vektor yang dijumlahkan ada dua atau lebih vektor, penguraian vektor dilakukan di koordinat kutub (kartesius jika dua dimensi). Misalnya terdapat vektor A sesuai dengan dalam Gambar 1.20 di bawah ini dapat diurai menjadi vektor yang sejajar dengan sumbu x dan vektor yang sejajar sumbu y. Hal ini ditunjukkan seperti dalam Gambar 1.21 berikut.



Gambar 1.20 Vektor



Gambar 1.21 Cara menguraikan vektor

Sumber: Jarot Suseno

Vektor pada Gambar 1.21 menurut aturan dalam trigonometri akan diperoleh sebagai berikut.

$$\sin \theta = \frac{A_y}{A} \Leftrightarrow A_y = A \sin \theta$$

$$\cos \theta = \frac{A_x}{A} \Leftrightarrow A_x = A \cos \theta$$

Arah vektor A dapat dicari dengan cara berikut.

$$\tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$$

Rangkuman

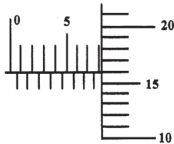
Besaran pokok adalah besaran yang satuannya sudah ditetapkan terlebih dahulu dan tidak diturunkan dari besaran lain. Besaran turunan adalah besaran yang satuannya diturunkan dari satuan besaran pokok. Penurunan besaran pokok minimal terdiri dari 2 besaran pokok, baik yang sejenis maupun yang tidak sejenis. Dimensi menunjukkan nilai kebenaran suatu rumus atau persamaan fisika. Besaran yang mempunyai besar dan arah disebut vektor. Besaran skalar adalah besaran fisika yang hanya mempunyai besar atau nilai. Angka penting adalah nilai hasil pengukuran selalu tercantum angka-angka pasti dan angka taksiran. Ketelitian sangat diperlukan dalam pengukuran karena dengan ketelitian pengukuran akan mendekati data yang sebenarnya.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat harus menggunakan alat yang mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi. Misalnya dalam mengukur panjang meja lebih teliti dengan menggunakan mistar dari pada jengkal. Jenis-jenis kesalahan dalam pengukuran di antaranya kesalahan sistematis dan random (acak). Kesalahan sistematis yaitu kesalahan yang disebabkan oleh kesalahan pengaturan alat, kalibrasi alat ukur, maupun pengaruh lingkungan tempat di mana pengukuran dilakukan. Kesalahan random (acak) yaitu kesalahan yang disebabkan ketidaksempurnaan alat dan paralaks mata.

A. Soal Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat.

- Kapasitas suatu kapasitor besarnya adalah 5 pikofarad. Harga kapasitas tersebut sama dengan
 - 5×10^{-3} farad
 - 5×10^{-6} farad
 - 5×10^{-9} farad
 - 5×10^{-12} farad
 - 5×10^{-15} farad
- Suatu pembangkit tenaga listrik menghasilkan daya sebesar 80 mega watt. Daya ini jika ditulis dalam satuan watt adalah
 - 800 watt
 - 8.000 watt
 - 8×10^5 watt
 - 8×10^6 watt
 - 8×10^7 watt
- Perhatikan hasil pengukuran menggunakan alat ukur di bawah ini.

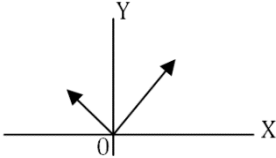


Hasil pengukuran menggunakan mikrometer sekrup tersebut adalah

- 8,14 mm
 - 8,16 mm
 - 7,14 mm
 - 8,66 mm
 - 7,66 mm
- Sebuah benda kerja panjangnya 8,2 inci. Jika ditulis dalam satuan mm, panjang tersebut adalah
 - 82 mm
 - 209 mm
 - 25,4 mm
 - 50,8 mm
 - 200 mm
 - Sebuah menara listrik tingginya 80 feet. Jika ditulis dalam satuan m, tinggi menara adalah
 - 24,39 m
 - 48,19 m
 - 30,48 m
 - 78,67 m
 - 12,19 m

6. Sebuah plat besi berukuran panjang 24,22 cm dan lebar 8,4 cm. Sesuai aturan angka penting maka luas plat besi adalah
 - a. 203,448 cm²
 - b. $2,034 \times 10^2$ cm²
 - c. $2,03 \times 10^2$ cm²
 - d. $2,0 \times 10^2$ cm²
 - e. 2×10^2 cm²
7. Massa sebuah kelereng adalah 38,24 gram maka massa dari 6 buah kelereng tersebut adalah
 - a. 229,44 gram
 - b. $2,29 \times 103$ gram
 - c. $2,3 \times 103$ gram
 - d. 229,4 gram
 - e. 229 gram
8. Apabila nonton TV jarak minimal yang aman bagi kesehatan adalah 5 kali ukuran TV. Jika ukuran TV 20 inci, jarak tersebut adalah
 - a. 2,54 m
 - b. 2,34 m
 - c. 1,50 m
 - d. 1,40 m
 - e. 0,58 m
9. Besaran di bawah ini yang **tidak** termasuk besaran pokok adalah
 - a. massa
 - b. intensitas cahaya
 - c. jumlah zat
 - d. kecepatan
 - e. kuat arus
10. Besaran-besaran berikut yang merupakan besaran turunan adalah
 - a. volume, percepatan, dan waktu
 - b. kecepatan, massa, dan panjang
 - c. gaya, percepatan, dan volume
 - d. gaya, kecepatan, dan massa
 - e. daya, gaya, dan kuat arus
11. Jika daya dinyatakan dengan rumus: $P = \frac{W}{t}$, dimensi besaran tersebut adalah
 - a. ML^2T^{-3}
 - b. ML^2T^2
 - c. ML^2T^{-2}
 - d. ML^2T^3
 - e. $ML^{-2}T^3$
12. Pada pengukuran benda kerja diperoleh angka 2,004 mm. Banyak angka penting pengukuran tersebut adalah

a. 2	d. 1
b. 4	e. 6
c. 24	

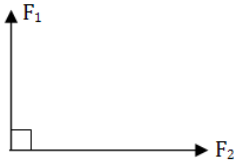
13. Sebuah bola gotri ditimbang massanya adalah 8,3405 gram. Banyak angka pentingnya adalah
- 3
 - 4
 - 5
 - 6
 - 2
14. Tiga buah gaya masing-masing $60\sqrt{2}$ N, 100 N, $40\sqrt{2}$ N bekerja pada satu titik tangkap seperti pada gambar. Besar resultan pada komponen X dan Y adalah
- 
- 20 N dan 100 N
 - 20 N dan 200 N
 - 20 N dan 400 N
 - 10 N dan 100 N
 - 10 N dan 200 N
15. Kelompok vektor di bawah yang **tidak** mungkin menghasilkan nol adalah
- 2 N, 3 N, 4 N, dan 5 N
 - 3 N, 5 N, 8 N, dan 10 N
 - 2,5 N, 5 N, 7,5 N, dan 12,5 N
 - 2 N, 4 N, 6 N, dan 15 N
 - 3 N, 12 N, 15 N, dan 30 N

B. Soal Esai

Jawaban dengan tepat dan benar.

- Angka penting yang terdapat pada bilangan 0,002504 adalah
- Jika sebuah bola besi massanya 4,568 gram, massa dari 4 buah bola besi menurut angka penting adalah
- Bilangan 456.000.000.000 liter jika dituliskan dalam notasi pangkat adalah
- Isilah titik-titik di bawah ini.
 - 96 feet = ... inci = ... m = ... cm.
 - 7.896 gram = ... kg = ... b.
- Tuliskan masing-masing lima contoh besaran beserta satuannya.
 - Besaran skalar
 - Besaran vektor
- $M.L.T^{-1}$ merupakan dimensi dari
- Menurut aturan angka penting, tentukan hasil operasi perhitungan berikut.
 - $14,50 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$
 - $32,14 \text{ gram} \times 7$ (7 bilangan eksak)
 - $50,25 + 40,5 + 0,25$

8. Dua buah vektor masing-masing $F_1 = 6 \text{ N}$ dan $F_2 = 8 \text{ N}$ saling tegak lurus seperti gambar berikut. Besar resultan kedua vektor tersebut adalah



9. Bilangan berikut 0,00021 jika ditulis dalam notasi ilmiah adalah
 10. Tiga buah alat ukur yang dapat digunakan untuk mengukur panjang benda adalah

C. Soal Esai Uraian

Jawablah dengan ringkas dan benar.

- Berapakah luas lingkaran benda yang berdiameter 28 mm ($\pi = 3,14$)? Tentukan hasil pengukuran menggunakan aturan angka penting.
- Kecepatan sebuah kapal laut adalah 20 knot. Jika 1 knot = 1,854 km/jam, berapakah kecepatannya?
- Sebutkan banyaknya angka penting pada bilangan-bilangan berikut.
 a. 0,0010040 meter c. 301,012 liter
 b. 20,001 gram d. $2,48 \times 10^{-6}$ coulomb
- Sebuah lintasan dinyatakan dengan $x = A + Bt + Ct^2$. Dalam rangkaian itu, x menunjukkan kedudukan (dalam cm), t menunjukkan waktu (dalam detik). Jika $K = A.B.C$, dimensi besaran K adalah
- Berdasarkan gambar berikut besar gaya F_x dan F_y berturut-turut adalah

