

Bab

I

Pengukuran



Tujuan Pembelajaran

- Anda dapat mengukur besaran panjang, massa, dan waktu, serta dapat melakukan penjumlahan vektor.



Sumber: AO Calender

Untuk dapat membuat pesawat tempur canggih, dibutuhkan pengukuran dengan akurasi dan tingkat presisi yang tinggi. Kesalahan pengukuran sedikit saja dalam pembuatannya, dapat berakibat fatal pada fungsinya dan bisa mengakibatkan bencana. Pernahkah Anda mendengar berita tentang kecelakaan pesawat karena kesalahan pengukuran?

Kata Kunci

- Angka Penting
- Besaran Vektor
- Ketelitian
- Metode Poligon
- Metode Jajarganjang
- Besaran Pokok
- Fisika
- Ketepatan
- Pengukuran
- Besaran Skalar
- Kesalahan Acak
- Metode Analitis
- Satuan Dimensi
- Pengukuran Berulang
- Besaran Turunan
- Kesalahan Sistematis
- Metode Grafis
- Vektor Resultan

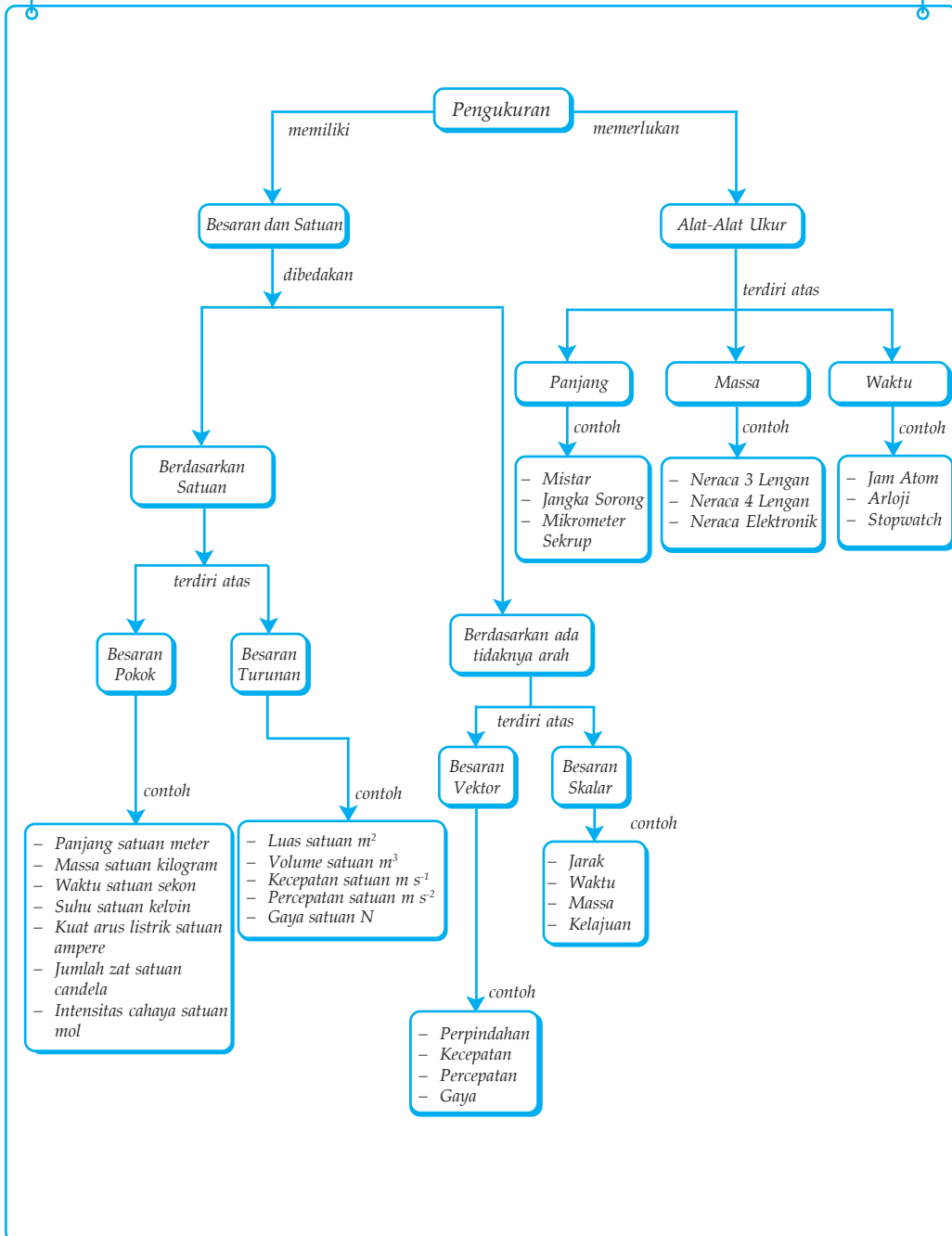
Created with



nitroPDF ^{Pengukuran 1} professional

download the free trial online at nitropdf.com/professional

Peta Konsep



Dewasa ini, kemajuan teknologi berkembang dengan sangat cepat yang membuat hidup manusia makin mudah dan bermakna. Ilmu pengetahuan alam memiliki peran yang dominan dalam memengaruhi perkembangan teknologi. Fisika merupakan ilmu yang mempelajari fenomena atau gejala-gejala alam dan interaksi di dalamnya, adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan alam.

Di SMP kelas VII, Anda sudah mempelajari besaran beserta satuannya dan pengukuran. Pengukuran merupakan materi dasar yang harus dipahami oleh tiap orang yang akan belajar fisika, dengan menguasainya akan memudahkan dalam memahami konsep-konsep selanjutnya. Pada bab ini, Anda akan memperdalam pengetahuanmu mengenai pengukuran.

Kolom Diskusi

Diskusikan bersama teman sebangku Anda mengenai besaran dan satuan. Bahas mengenai dasar penetapan, jenis, dan kegunaannya, dengan mengingat materi yang telah Anda dapatkan di SMP. Buatlah kesimpulan dan kumpulkan di meja guru Anda!

A. Besaran dan Satuan

Besaran dalam fisika diartikan sebagai sesuatu yang dapat diukur, serta memiliki nilai besaran (besar) dan satuan. Sedangkan satuan adalah sesuatu yang dapat digunakan sebagai pembanding dalam pengukuran. *Satuan Internasional* (SI) merupakan satuan hasil konferensi para ilmuwan di Paris, yang membahas tentang berat dan ukuran. Berdasarkan satuannya besaran dibedakan menjadi dua, yaitu besaran pokok dan besaran turunan. Selain itu, berdasarkan ada tidaknya arah, besaran juga dikelompokkan menjadi dua, yaitu besaran skalar dan besaran vektor (akan dibahas khusus pada subbab E).

1. Besaran Pokok

Besaran pokok adalah besaran yang digunakan sebagai dasar untuk menetapkan besaran yang lain. Satuan besaran pokok disebut satuan pokok dan telah ditetapkan terlebih dahulu berdasarkan kesepakatan para ilmuwan. Besaran pokok bersifat bebas, artinya tidak bergantung pada besaran pokok yang lain. Pada Tabel 1.1 berikut, disajikan besaran pokok yang telah disepakati oleh para ilmuwan.

Tabel 1.1 Besaran-Besaran Pokok dan Satuan Internasionalnya (SI)

No	Nama Besaran Pokok	Lambang Besaran Pokok	Satuan	Lambang Satuan
1.	Panjang	l	Meter	m
2.	Massa	m	Kilogram	kg
3.	Waktu	t	Sekon	s
4.	Kuat arus listrik	I	Ampere	A
5.	Suhu	t	Kelvin	K
6.	Intensitas cahaya	I	Kandela	cd
7.	Jumlah zat	n	Mole	Mol
8.	Sudut bidang datar	θ	Radian	Rad *)
9.	Sudut ruang	ϕ	Steradian	Sr *)

Catatan: *) besaran pokok tambahan

2. Besaran Turunan

Besaran turunan adalah besaran yang dapat diturunkan dari besaran pokok. Satuan besaran turunan disebut satuan turunan dan diperoleh dengan mengabungkan beberapa satuan besaran pokok. Berikut merupakan beberapa contoh besaran turunan beserta satuannya.

Tabel 1.2 Contoh Beberapa Besaran Turunan dan Satuannya

No	Nama Besaran Turunan	Lambang Besaran Turunan	Satuan Turunan
1.	Luas	A	m^2
2.	Kecepatan	v	ms^{-1}
3.	Percepatan	a	ms^{-2}
4.	Gaya	F	$kg\ ms^{-2}$
5.	Tekanan	P	$kg\ m^{-1}s^{-2}$
6.	Usaha	W	$kg\ m^2s^{-2}$

Soal Kompetensi 1.1

1. Apakah perbedaan besaran pokok dan besaran turunan? Jelaskan!
2. Sebutkan besaran pokok dan turunan yang sering Anda temui dalam kehidupan sehari-hari!
3. Sebutkan satuan tidak baku yang masih digunakan di sekitarmu dan jelaskan alasan satuan tersebut masih digunakan!
4. Sebutkan 3 sistem SI dari besaran pokok yang sering Anda jumpai!

B. Dimensi

Dimensi suatu besaran adalah cara besaran tersebut tersusun atas besaran-besaran pokoknya. Pada sistem Satuan Internasional (SI), ada tujuh besaran pokok yang berdimensi, sedangkan dua besaran pokok tambahan tidak berdimensi. Cara penulisan dimensi dari suatu besaran dinyatakan dengan lambang huruf tertentu dan diberi tanda kurung persegi. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Tabel 1.3 berikut!

Tabel 1.3 Besaran Pokok dan Dimensinya

No	Nama Besaran Pokok	Satuan	Lambang Satuan	Dimensi
1.	Panjang	Meter	m	[L]
2.	Massa	Kilogram	kg	[M]
3.	Waktu	Sekon	s	[T]
4.	Kuat arus listrik	Ampere	A	[I]
5.	Suhu	Kelvin	K	[θ]
6.	Intensitas cahaya	Kandela	cd	[J]
7.	Jumlah zat	Mole	Mol	[N]
8.	Sudut bidang datar	Radian	Rad *)	-
9.	Sudut ruang	Steradian	Sr *)	-

Berdasarkan Tabel 1.3, Anda dapat mencari dimensi suatu besaran yang lain dengan cara mengerjakan seperti pada perhitungan biasa. Untuk penulisan perkalian pada dimensi, biasa ditulis dengan tanda pangkat positif dan untuk pembagian biasa ditulis dengan tanda pangkat negatif.

Contoh 1.1

Tentukan dimensi besaran-besaran berikut!

- Luas
- Volume
- Kecepatan
- Percepatan
- Gaya
- Usaha

Jawab:

a. Luas (L) = panjang \times lebar = $[L] \times [L] = [L]^2$

b. Volume (V) = panjang \times lebar \times tinggi = $[L] \times [L] \times [L] = [L]^3$

c. Kecepatan (v) = $\frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu}} = \frac{[L]}{[T]} = [L][T]^{-1}$

d. Percepatan (a) = $\frac{\text{kecepatan}}{\text{waktu}} = \frac{[L][T]^{-1}}{[T]} = [L][T]^{-2}$

- e. Gaya (F) = massa \times percepatan = $[M] \times [L][T]^{-2}$
 f. Usaha (W) = gaya \times perpindahan = $[M] \times [L][T]^{-2} \times [L]$
 = $[M] \times [L]^2 [T]^{-2}$

Dimensi mempunyai dua kegunaan, yaitu untuk menentukan satuan dari suatu besaran turunan dengan cara analisis dimensional dan menunjukkan kesetaraan beberapa besaran yang secepat tampak berbeda.

1. Analisis Dimensional

Analisis dimensional adalah suatu cara untuk menentukan satuan dari suatu besaran turunan, dengan cara memerhatikan dimensi besaran tersebut.

Contoh 1.2

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) $F = [M] \times [L][T]^{-2}$ (lihat Contoh 1.1)
 Dimensi (massa) $m = [M]$ (lihat Tabel 1.3)
 Dimensi (jarak) $r = [L]$ (lihat Tabel 1.3)

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

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{a. } F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} &\Rightarrow G = \frac{F r^2}{m_1 m_2}, \text{ maka dimensinya adalah} \\ G &= \frac{\text{gaya} \times (\text{jarak})^2}{\text{massa} \times \text{massa}} \\ &= \frac{[M] \times [L][T]^{-2} [L]^2}{[M] \times [M]} \\ &= \frac{[L]^3 [T]^{-2}}{[M]} \\ &= [M]^{-1} [L]^3 [T]^{-2} \end{aligned}$$

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

- b. Karena dimensi $G = [M]^{-1} [L]^3 [T]^{-2}$, maka satuannya adalah
- $$G = [M]^{-1} [L]^3 [T]^{-2}$$
- $$= \text{kg}^{-1} \text{m}^3 \text{s}^{-2}$$
- Jadi, satuan konstanta G adalah $\text{kg}^{-1} \text{m}^3 \text{s}^{-2}$.

2. Menunjukkan Kesetaraan Beberapa Besaran

Selain digunakan untuk mencari satuan, dimensi juga dapat digunakan untuk menunjukkan kesetaraan beberapa besaran yang terlihat berbeda.

Contoh 1.3

Buktikan bahwa besaran usaha (W) memiliki kesetaraan dengan besaran energi kinetik (Ek)!

Diketahui : Dimensi usaha (W) = $[M] [L]^2 [T]^{-2}$ (lihat Contoh 1.1)

$$\text{Persamaan energi kinetik } Ek = \frac{1}{2} mv^2$$

Ditanyakan : Bukti kesetaraannya?

Jawab :

Dimensi usaha (W) = $[M] [L]^2 [T]^{-2}$

Angka setengah pada persamaan energi kinetik merupakan bilangan tak berdimensi, sehingga dimensi energi kinetik menjadi sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Dimensi energi kinetik } (Ek) &= mv^2 \\ &= \text{massa} \times (\text{kecepatan})^2 \\ &= [M] \times \{[L] [T]^{-1}\}^2 \\ &= [M] [L]^2 [T]^{-2} \end{aligned}$$

Jadi, karena nilai dimensi usaha (W) dan energi kinetik (Ek) sama, maka hal ini menunjukkan bahwa besaran usaha memiliki kesetaraan dengan besaran energi kinetik.

Soal Kompetensi 1.2

1. Tulislah kembali pengertian dimensi dan fungsinya dengan menggunakan bahasa Anda sendiri!
2. Besarnya massa jenis suatu benda yang memiliki massa m dan luas alasnya A , dinyatakan dengan persamaan $\rho = \frac{m \times g}{A}$. Jika g suatu konstanta, maka tentukan dimensi dan satuannya!

C. Instrumen Pengukuran

Sejak jaman dahulu orang telah melakukan pengukuran, seperti mengukur luas tanah, mengukur massa badannya, dan mengukur selang waktu antara matahari terbit sampai tenggelam. Di SMP Anda telah mengetahui definisi mengukur, yaitu proses membandingkan suatu besaran yang diukur dengan besaran tertentu yang telah diketahui atau ditetapkan sebagai acuan.

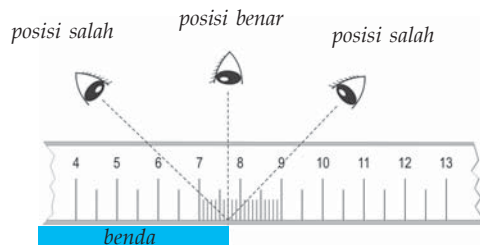
Pada pengukuran yang berbeda Anda mungkin membutuhkan alat/instrumen yang berbeda pula. Misalnya, saat mengukur panjang jalan Anda menggunakan meteran, tetapi saat menimbang berat badan Anda menggunakan neraca. Berikut akan Anda pelajari instrumen pengukur panjang, massa, dan waktu.

1. Alat Ukur Panjang

Penggaris/mistar, jangka sorong, dan mikrometer sekrup merupakan contoh alat ukur panjang. Setiap alat ukur memiliki ketelitian yang berbeda, sehingga Anda harus bisa memilih alat ukur yang tepat untuk sebuah pengukuran. Pemilihan alat ukur yang kurang tepat akan menyebabkan kesalahan pada hasil pengukuran.

a. Mistar

Alat ukur panjang yang sering Anda gunakan adalah mistar atau penggaris. Pada umumnya, mistar memiliki skala terkecil 1 mm atau 0,1 cm. Mistar mempunyai ketelitian pengukuran 0,5 mm, yaitu sebesar setengah dari skala terkecil yang dimiliki oleh mistar. Pada saat melakukan pengukuran dengan menggunakan mistar, arah pandangan hendaknya tepat pada tempat yang diukur. Artinya, arah pandangan harus tegak lurus dengan skala pada mistar dan benda yang diukur. Jika pandangan mata tertuju pada arah yang kurang tepat, maka akan menyebabkan nilai hasil pengukuran menjadi lebih besar atau lebih kecil. Kesalahan pengukuran semacam ini di sebut *kesalahan paralaks*.

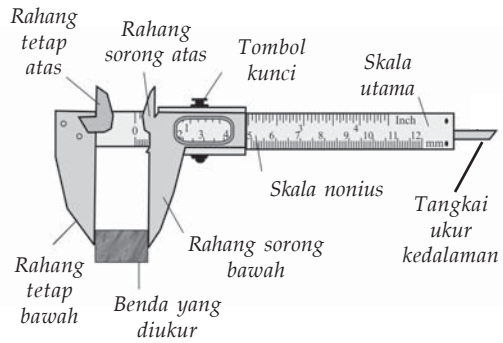


Gambar 1.1 Cara membaca yang tepat akan mendapatkan hasil pengukuran yang akurat.

b. Jangka Sorong

Jangka sorong terdiri atas dua bagian, yaitu rahang tetap dan rahang geser. Skala panjang yang terdapat pada rahang tetap merupakan *skala utama*, sedangkan skala pendek yang terdapat pada rahang geser merupakan *skala nonius* atau *vernier*. Nama vernier diambalikan dari nama penemu jangka sorong, yaitu Pierre Vernier, seorang ahli teknik berkebangsaan Prancis.

Skala utama pada jangka sorong memiliki skala dalam cm dan mm. Sedangkan skala nonius pada jangka sorong memiliki panjang 9 mm dan di bagi dalam 10 skala, sehingga beda satu skala nonius dengan satu skala pada skala utama adalah 0,1 mm atau 0,01 cm. Jadi, skala terkecil pada jangka sorong adalah 0,1 mm atau 0,01 cm.



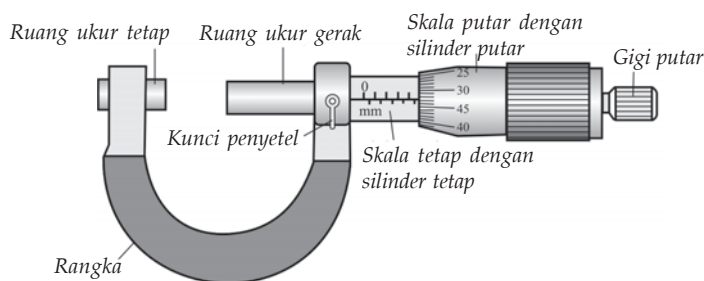
Gambar 1.2 Jangka sorong dan bagian-bagiannya.

Jangka sorong tepat digunakan untuk mengukur diameter luar, diameter dalam, kedalaman tabung, dan panjang benda sampai nilai 10 cm. Untuk lebih memahami tentang tentang jangka sorong, perhatikan Gambar 1.2.

c. Mikrometer Sekrup

Mikrometer sekrup sering digunakan untuk mengukur tebal benda-benda tipis dan mengukur diameter benda-benda bulat yang kecil seperti tebal kertas dan diameter kawat. Mikrometer sekrup terdiri atas dua bagian, yaitu poros tetap dan poros ulir. Skala panjang yang terdapat pada poros tetap merupakan *skala utama*, sedangkan skala panjang yang terdapat pada poros ulir merupakan *skala nonius*.

Skala utama mikrometer sekrup mempunyai skala dalam mm, sedangkan skala noniusnya terbagi dalam 50 bagian. Satu bagian pada skala nonius mempunyai nilai $1/50 \times 0,5$ mm atau 0,01 mm. Jadi, mikrometer sekrup mempunyai tingkat ketelitian paling tinggi dari kedua alat yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu 0,01 mm. Perhatikan gambar berikut!



Gambar 1.3 Mikrometer sekrup dan bagian-bagiannya.

Kolom Ilmuwan 1.1

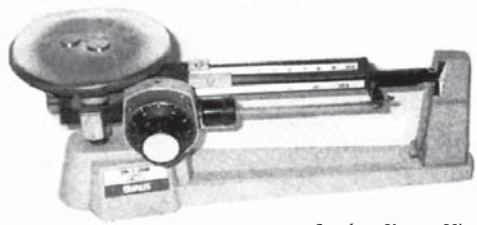
Di SMP Anda telah mempelajari tentang jangka sorong dan mikrometer sekrup. Sekarang buatlah tulisan mengenai cara-cara menggunakan jangka sorong dan mikrometer sekrup di buku tugas

beserta contoh-contohnya. Demonstrasikan cara penggunaan jangka sorong dan mikrometer sekrup yang telah Anda tulis di depan teman-teman Anda. Apakah teman-teman Anda setuju dengan cara Anda menggunakan jangka sorong dan mikrometer sekrup? Jika ada diantara teman Anda yang tidak setuju, maka mintalah dia untuk mendemonstrasikan cara-cara penggunaan jangka sorong dan mikrometer sekrup versi dia!

2. Alat Ukur Massa

Massa benda menyatakan banyaknya zat yang terdapat dalam suatu benda. Massa tiap benda selalu sama dimana pun benda tersebut berada. Satuan SI untuk massa adalah kilogram (kg).

Alat untuk mengukur massa disebut *neraca*. Ada beberapa jenis neraca, antara lain, neraca ohaus, neraca lengan, neraca langkan, neraca pasar, neraca tekan, neraca badan, dan neraca elektronik. Setiap neraca memiliki spesifikasi penggunaan yang berbeda-beda. Jenis neraca yang umum ada di sekolah Anda adalah neraca tiga lengan dan empat lengan.



Sumber: Kamus Visual

Gambar 1.4 Neraca tiga lengan.

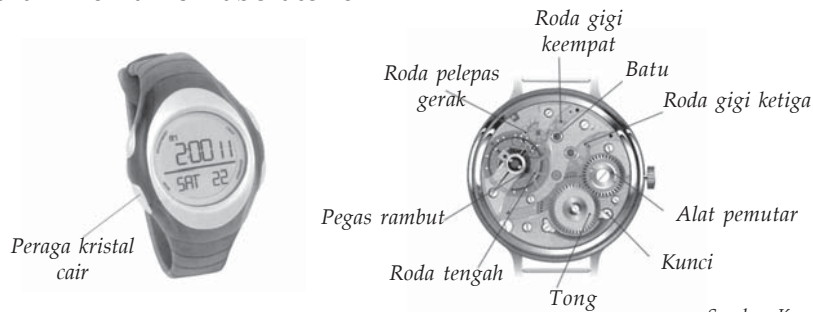
Pada neraca tiga lengan, lengan paling depan memuat angka satuan dan sepersepuluhan, lengan tengah memuat angka puluhan, dan lengan paling belakang memuat angka ratusan. Cara menimbang dengan menggunakan neraca tiga lengan adalah sebagai berikut.

- Posisikan skala neraca pada posisi nol dengan menggeser penunjuk pada lengan depan dan belakang ke sisi kiri dan lingkaran skala diarahkan pada angka nol!
- Periksa bahwa neraca pada posisi setimbang!
- Letakkan benda yang akan diukur di tempat yang tersedia pada neraca!
- Geser ketiga penunjuk diurutkan dari penunjuk yang terdapat pada ratusan, puluhan, dan satuan sehingga tercapai keadaan setimbang!
- Bacalah massa benda dengan menjumlah nilai yang ditunjukkan oleh penunjuk ratusan, puluhan, satuan, dan sepersepuluhan!

3. Alat Ukur Waktu

Standar satuan waktu adalah sekon atau detik (dalam buku ini akan digunakan sekon). Alat yang digunakan untuk mengukur waktu biasanya adalah jam atau arloji. Untuk mengukur selang waktu yang pendek di

gunakan *stopwatch*. *Stopwatch* memiliki tingkat ketelitian sampai 0,01 detik. Alat ukur yang paling tepat adalah jam atom. Jam ini hanya digunakan oleh para ilmuwan di laboratorium.



Sumber: Kamus Visual

Gambar 1.5 Arloji dan bagian-bagiannya.

Arloji ada dua jenis, yaitu arloji mekanis dan arloji digital. Jarum arloji mekanis digerakkan oleh gerigi mekanis yang selalu berputar, sedangkan arloji digital berdasarkan banyaknya getaran yang dilakukan oleh sebuah kristal kuarsa yang sangat kecil. Arloji akan bekerja sepanjang sumber energinya masih ada. Ketelitian arloji adalah 1 sekon. Kelemahan arloji mekanis maupun digital adalah selalu bergerak sehingga sulit dibaca secara teliti.

Waktu yang terbaca pada arloji mekanis ditunjukkan oleh kerja ketiga jarum, yaitu jarum jam, jarum menit, dan jarum detik. Jarum jam bergerak satu skala tiap satu jam, jarum menit bergerak satu skala tiap satu menit, jarum detik bergerak satu skala tiap satu detik. Cara membaca untuk arloji digital sangat mudah sebab angka yang ditampilkan pada arloji sudah menunjukkan waktunya.

Kolom Ilmuwan 1.2

Salah satu alat ukur waktu kuno adalah jam matahari. Jam matahari yang berukuran besar dan dapat berfungsi dengan baik sampai sekarang terdapat di museum IPTEK Bandung. Bentuklah kelompok yang terdiri atas 5 sampai 8 orang. Buatlah bersama anggota kelompok Anda sebuah jam matahari sederhana yang dapat berfungsi! Jelaskan kelebihan-kelebihan jam matahari buatan kelompok Anda di depan kelas, jika perlu tunjukkan cara kerjanya!

D. Ketidakpastian Pengukuran

Saat melakukan pengukuran menggunakan alat, tidaklah mungkin Anda mendapatkan nilai yang pasti benar (x_0), melainkan selalu terdapat ketidakpastian. Apakah penyebab ketidakpastian pada hasil pengukuran?

Secara umum penyebab ketidakpastian hasil pengukuran ada tiga, yaitu kesalahan umum, kesalahan sistematis, dan kesalahan acak.

1. Kesalahan Umum

Kesalahan umum adalah kesalahan yang disebabkan keterbatasan pada pengamat saat melakukan pengukuran. Kesalahan ini dapat disebabkan karena kesalahan membaca skala kecil, dan kekurangterampilan dalam menyusun dan memakai alat, terutama untuk alat yang melibatkan banyak komponen.

2. Kesalahan Sistematis

Kesalahan sistematis merupakan kesalahan yang disebabkan oleh alat yang digunakan dan atau lingkungan di sekitar alat yang memengaruhi kinerja alat. Misalnya, kesalahan kalibrasi, kesalahan titik nol, kesalahan komponen alat atau kerusakan alat, kesalahan paralaks, perubahan suhu, dan kelembaban.

a. Kesalahan Kalibrasi

Kesalahan kalibrasi terjadi karena pemberian nilai skala pada saat pembuatan atau kalibrasi (standarisasi) tidak tepat. Hal ini mengakibatkan pembacaan hasil pengukuran menjadi lebih besar atau lebih kecil dari nilai sebenarnya. Kesalahan ini dapat diatasi dengan mengkalibrasi ulang alat menggunakan alat yang telah terstandarisasi.

b. Kesalahan Titik Nol

Kesalahan titik nol terjadi karena titik nol skala pada alat yang digunakan tidak tepat berhimpit dengan jarum penunjuk atau jarum penunjuk yang tidak bisa kembali tepat pada skala nol. Akibatnya, hasil pengukuran dapat mengalami penambahan atau pengurangan sesuai dengan selisih dari skala nol semestinya. Kesalahan titik nol dapat diatasi dengan melakukan koreksi pada penulisan hasil pengukuran

c. Kesalahan Komponen Alat

Kerusakan pada alat jelas sangat berpengaruh pada pembacaan alat ukur. Misalnya, pada neraca pegas. Jika pegas yang digunakan sudah lama dan aus, maka akan berpengaruh pada pengurangan konstanta pegas. Hal ini menjadikan jarum atau skala penunjuk tidak tepat pada angka nol yang membuat skala berikutnya bergeser.

d. Kesalahan Paralaks

Kesalahan paralaks terjadi bila ada jarak antara jarum penunjuk dengan garis-garis skala dan posisi mata pengamat tidak tegak lurus dengan jarum.

Kolom Ilmuwan 1.3

Carilah informasi di perpustakaan, majalah ilmiah, atau di internet tentang kondisi lingkungan sekitar yang dapat memengaruhi kinerja alat percobaan! Sebutkan kondisi-kondisi tersebut, jelaskan pengaruhnya, dan cara mengatasinya! Tulislah informasi yang Anda dapat dalam bentuk laporan dan kumpulkan di meja guru!

3. Kesalahan Acak

Kesalahan acak adalah kesalahan yang terjadi karena adanya fluktuasi-fluktuasi halus pada saat melakukan pengukuran. Kesalahan ini dapat disebabkan karena adanya gerak brown molekul udara, fluktuasi tegangan listrik, landasan bergetar, bising, dan radiasi.

a. Gerak Brown Molekul Udara

Molekul udara seperti Anda ketahui keadaannya selalu bergerak secara tidak teratur atau rambang. Gerak ini dapat mengalami fluktuasi yang sangat cepat dan menyebabkan jarum penunjuk yang sangat halus seperti pada mikroalvanometer terganggu karena tumbukan dengan molekul udara.

b. Fluktuasi Tegangan Listrik

Tegangan listrik PLN atau sumber tegangan lain seperti aki dan baterai selalu mengalami perubahan kecil yang tidak teratur dan cepat sehingga menghasilkan data pengukuran besaran listrik yang tidak konsisten.

c. Landasan yang Bergetar

Getaran pada landasan tempat alat berada dapat berakibat pembacaan skala yang berbeda, terutama alat yang sensitif terhadap gerak. Alat seperti seismograf butuh tempat yang stabil dan tidak bergetar. Jika landasannya bergetar, maka akan berpengaruh pada penunjukkan skala pada saat terjadi gempa bumi.

d. Bising

Bising merupakan gangguan yang selalu Anda jumpai pada alat elektronik. Gangguan ini dapat berupa fluktuasi yang cepat pada tegangan akibat dari komponen alat bersuhu.

e. Radiasi Latar Belakang

Radiasi gelombang elektromagnetik dari kosmos (luar angkasa) dapat mengganggu pembacaan dan mengganggu operasional alat. Misalnya, ponsel tidak boleh digunakan di SPBU dan pesawat karena bisa mengganggu alat ukur dalam SPBU atau pesawat. Gangguan ini dikarenakan gelombang elektromagnetik pada telepon seluler dapat menghasilkan gelombang radiasi yang mengacaukan alat ukur pada SPBU atau pesawat.

Adanya banyak faktor yang menyebabkan kemungkinan terjadinya kesalahan dalam suatu pengukuran, menjadikan Anda tidak mungkin mendapatkan hasil pengukuran yang tepat benar. Oleh karena itu, Anda harus menuliskan ketidakpastiannya setiap kali melaporkan hasil dari suatu pengukuran. Untuk menyatakan hasil ketidakpastian suatu pengukuran dapat menggunakan cara penulisan $x = (x_0 \pm \Delta x)$, dengan x merupakan nilai pendekatan hasil pengukuran terhadap nilai benar, x_0 merupakan nilai hasil pengukuran, dan Δx merupakan ketidakpastiannya (angka taksiran ketidakpastian).

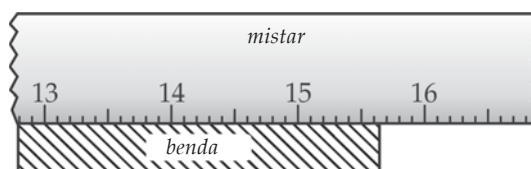


Kegiatan 1.1

Untuk melaporkan suatu hasil pengukuran Anda terkadang membutuhkan juga pemahaman mengenai konversi satuan, angka penting, notasi ilmiah, dan aturan pembulatan. Buatlah sebuah tulisan yang membahas hal-hal tersebut. Anda dapat mencari informasi di perpustakaan, majalah, atau internet. Kumpulkan hasil tulisan Anda di meja guru!

Ketidakpastian pada Pengukuran Tunggal

Pengukuran tunggal merupakan pengukuran yang hanya dilakukan sekali saja. Pada pengukuran tunggal, nilai yang dijadikan pengganti nilai benar adalah hasil pengukuran itu sendiri. Sedangkan ketidakpastiannya diperoleh dari setengah nilai skala terkecil instrumen yang digunakan. Misalnya, Anda mengukur panjang sebuah benda menggunakan mistar. Perhatikan Gambar 1.6!



Gambar 1.6 Panjang suatu benda yang diukur dengan menggunakan mistar.

Pada Gambar 1.6 ujung benda terlihat pada tanda 15,6 cm lebih sedikit. Berapa nilai lebihnya? Ingat, skala terkecil mistar adalah 1 mm. Telah Anda sepakati bahwa ketidakpastian pada pengukuran tunggal merupakan setengah skala terkecil alat. Jadi, ketidakpastian pada pengukuran tersebut adalah sebagai berikut.

$$\Delta x = \frac{1}{2} \times 1 \text{ mm} = 0,5 \text{ mm} = 0,05 \text{ cm}$$

Karena nilai ketidakpastiannya memiliki dua desimal (0,05 mm), maka hasil pengukurannya pun harus Anda laporkan dalam dua desimal. Artinya, nilai x harus Anda laporkan dalam tiga angka. Angka ketiga yang Anda laporkan harus Anda taksir, tetapi taksirannya hanya boleh 0 atau 5. Karena ujung benda lebih sedikit dari 15,6 cm, maka nilai taksirannya adalah 5. Jadi, pengukuran benda menggunakan mistar tersebut dapat Anda laporkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Panjang benda} = l &= x_0 \pm \Delta x \\ &= (15,6 \pm 0,05) \text{ cm} \end{aligned}$$

Arti dari laporan pengukuran tersebut adalah Anda tidak tahu nilai x (panjang benda) yang sebenarnya. Namun, setelah dilakukan pengukuran sebanyak satu kali Anda mendapatkan nilai 15,6 cm lebih sedikit atau antara 15,60 cm sampai 15,70 cm. Secara statistik ini berarti ada jaminan 100% bahwa panjang benda terdapat pada selang 15,60 cm sampai 15,70 cm atau $(15,60 \leq x \leq 15,70)$ cm.

Ketidakpastian pada Pengukuran Berulang

Agar mendapatkan hasil pengukuran yang akurat, Anda dapat melakukan pengukuran secara berulang. Lantas bagaimana cara melaporkan hasil pengukuran berulang? Pada pengukuran berulang Anda akan mendapatkan hasil pengukuran sebanyak N kali. Berdasarkan analisis statistik, nilai terbaik untuk menggantikan nilai benar x_0 adalah nilai rata-rata dari data yang diperoleh (\bar{x}_0). Sedangkan untuk nilai ketidakpastiannya (Δx) dapat digantikan oleh nilai simpangan baku nilai rata-rata sampel. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$\begin{aligned} x_0 &= \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N} = \frac{\sum x_i}{N} \\ \Delta x &= \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N - 1}} \end{aligned}$$

Keterangan:

x_0 : hasil pengukuran yang mendekati nilai benar

Δx : ketidakpastian pengukuran

N : banyaknya pengukuran yang dilakukan

Pada pengukuran tunggal nilai ketidakpastiannya (Δx) disebut ketidakpastian mutlak. Makin kecil ketidakpastian mutlak yang dicapai pada pengukuran tunggal, maka hasil pengukurannya pun makin mendekati

kebenaran. Nilai ketidakpastian tersebut juga menentukan banyaknya angka yang boleh disertakan pada laporan hasil pengukuran. Bagaimana cara menentukan banyaknya angka pada pengukuran berulang?

Cara menentukan banyaknya angka yang boleh disertakan pada pengukuran berulang adalah dengan mencari ketidakpastian relatif pengukuran berulang tersebut. Ketidakpastian relatif dapat ditentukan dengan membagi ketidakpastian pengukuran dengan nilai rata-rata pengukuran. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$\text{ketidakpastian relatif} = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$$

Setelah mengetahui ketidakpastian relatifnya, Anda dapat menggunakan aturan yang telah disepakati para ilmuwan untuk mencari banyaknya angka yang boleh disertakan dalam laporan hasil pengukuran berulang. Aturan banyaknya angka yang dapat dilaporkan dalam pengukuran berulang adalah sebagai berikut.

- ketidakpastian relatif 10% berhak atas dua angka
- ketidakpastian relatif 1% berhak atas tiga angka
- ketidakpastian relatif 0,1% berhak atas empat angka

Contoh 1.4

Suatu pengukuran berulang massa sebuah benda menghasilkan data sebagai berikut: 12,5 g; 12,3 g; 12,8 g; 12,4 g; 12,9 g; dan 12,6 g. Laporkan hasil pengukuran berulang tersebut lengkap dengan ketidakpastiannya!

Jawab:

Sebaiknya Anda buat tabel hasil pengukuran seperti berikut.

Percobaan Ke-	x_i (gram)	x_i^2 (gram)
1.	12,3	151,29
2.	12,4	153,76
3.	12,5	156,25
4.	12,6	158,76
5.	12,8	163,84
6.	12,9	166,41
$\sum N = 6$	$\sum x_i = 75,50$	$\sum x_i^2 = 950,31$

Berdasarkan tabel Anda peroleh $N = 6$; $\sum x_i = 75,50$; dan $\sum x_i^2 = 950,31$.

Selanjutnya dapat Anda tentukan nilai mendekati benda, ketidakpastian, dan ketidakpastian relatifnya.

$$\begin{aligned}x_0 &= \frac{\sum x^i}{N} \\ &= \frac{75,50}{6} \\ &= 12,5833 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta x &= \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N - 1}} \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{\frac{6(950,31) - (75,50)^2}{6 - 1}} \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{\frac{5.701,86 - 5.700,25}{5}} \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{\frac{1,61}{5}} \\ &= 0,167 \times 0,32 \\ &= 0,09 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ketidakpastian relatif} &= \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \\ &= \frac{0,09}{12,83} \times 100\% \\ &= 0,7\%\end{aligned}$$

Menurut aturan yang telah disepakati, ketidakpastian relatif 0,7% berhak atas tiga angka. Jadi, hasil pengukuran dapat dilaporkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}m &= x_0 \pm \Delta x \\ &= (12,5 \pm 0,09) \text{ g}\end{aligned}$$

Kolom Diskusi 1.1

Diskusikan bersama teman sebangku Anda dan laporkan hasilnya kepada guru, tentang cara menentukan ketidakpastian pada pengukuran massa dan waktu dan berilah contohnya!

Soal Kompetensi 1.3

1. Sebutkan beberapa instrumen pengukuran panjang, massa, waktu dan berikan penjelasan kelebihan dan kekurangannya!
2. Bagaimana cara Anda untuk menghindari kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi pada suatu pengukuran? Jelaskan!
3. Bagaimana cara Anda agar memperoleh nilai ketidakpastian yang lebih baik dengan menggunakan instrumen pengukuran yang sama? Jelaskan!
4. Diketahui hasil pengukuran berulang sebanyak 5 kali terhadap kuat arus pada suatu rangkaian berturut-turut adalah sebagai berikut: 5 mA; 6 mA; 5,6 mA; 6,1 mA; dan 5,4 mA. Laporkan hasil pengukuran tersebut beserta nilai ketidakpastiannya!

E. Vektor

Pada awal bab telah disinggung bahwa besaran dalam fisika dapat dikelompokkan berdasarkan ada tidaknya arah, yaitu besaran skalar dan besaran vektor. *Besaran skalar* adalah besaran yang hanya mempunyai nilai (besar) saja. Contoh besaran skalar, antara lain, massa, panjang, waktu, volume, energi, dan muatan listrik. Anda dapat menyatakan besaran skalar hanya dengan menyatakan nilainya saja. Misalnya, massa Aceng 35 kg, panjang pensil 20 cm, dan volume bak mandi 1.000 liter. Besaran skalar selalu bernilai positif.

Besaran vektor adalah besaran yang mempunyai nilai (besar) dan arah. Contoh besaran vektor, antara lain, perpindahan, kecepatan, percepatan, momentum, dan gaya. Untuk menyatakan besaran vektor, harus menggunakan nilai (angka) dan disebutkan arahnya. Misalnya, Nisa berlari ke utara dengan kecepatan 5 km/jam dan Robert menggeser almari sejauh 3 meter ke barat.

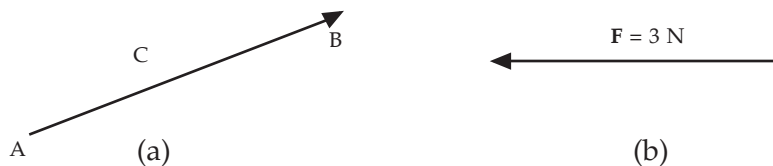
1. Penulisan dan Penggambaran Vektor

Sebuah vektor dalam buku cetakan biasanya dinyatakan dalam lambang huruf besar yang dicetak tebal (*bold*), misal: **A**, **B**, atau **R**. Untuk tulisan tangan sebuah vektor dilambangkan dengan sebuah huruf kecil

yang diberi tanda anak panah di atasnya, misalnya: \vec{a} , \vec{b} , atau \vec{r} . Sebuah vektor juga dapat dilambangkan dengan dua huruf dan tanda anak panah di atasnya, misalnya \overrightarrow{AB} . Pada penulisan nilai atau besar vektor, untuk buku cetakan biasanya menggunakan huruf besar miring (*italic*), seperti A , B , atau R , sedangkan tulisan tangan dinyatakan dengan sebuah huruf besar dengan anak panah di atasnya beserta tanda harga mutlak, seperti:

$$\left| \vec{A} \right|, \left| \vec{B} \right|, \text{ atau } \left| \vec{R} \right|.$$

Sebuah vektor digambarkan dengan anak panah yang terdiri atas pangkal dan ujung. Panjang anak panah menyatakan besar vektor, sedangkan arah anak panah menyatakan arah vektor (dari pangkal ke ujung). Perhatikan Gambar 1.7 berikut!



Gambar 1.7 (a) Vektor C dan (b) Vektor gaya F .

Pada Gambar 1.7(a) menunjukkan sebuah vektor C dengan titik tangkap (pangkal) A , ujungnya di titik B , arahnya dari A ke B , dan besar vektor diwakili panjang anak panah. Sedangkan Gambar 1.7(b), merupakan vektor yang menyatakan sebuah gaya F sebesar 3 N dan memiliki arah ke kiri. Dua buah vektor dikatakan sama apabila besar dan arahnya sama. Sebuah vektor dikatakan negatif apabila mempunyai arah yang berlawanan dengan vektor yang dijadikan acuan.

2. Resultan Vektor

Beberapa vektor dapat dijumlahkan menjadi sebuah vektor yang disebut resultan vektor. Resultan vektor dapat diperoleh dengan beberapa metode, yaitu metode segitiga, metode jajargenjang, poligon, dan analitis.

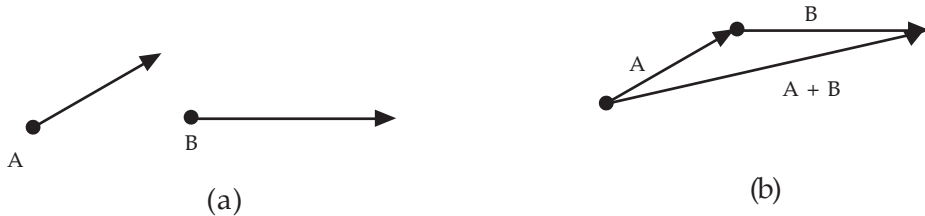
a. Metode Segitiga

Untuk mengetahui jumlah dua buah vektor Anda dapat menggunakan metode segitiga. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

- 1) Lukislah vektor pertama sesuai dengan nilai dan arahnya, misalnya A !
- 2) Lukislah vektor kedua, misalnya B , sesuai nilai dan arahnya dengan titik tangkapnya berimpit pada ujung vektor pertama!

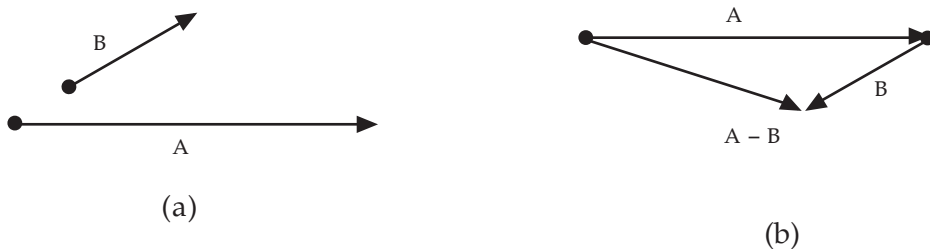
- 3) Hubungkan titik tangkap vektor pertama (**A**) dengan ujung vektor kedua (**B**)!

Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut!



Gambar 1.8 Penjumlahan vektor dengan metode segitiga.

Selisih dua buah vektor dapat diketahui dengan cara seperti penjumlahan vektor. Misalnya, selisih dua buah vektor **A** dan **B** adalah **C**, juga dapat dinyatakan $C = A - B$ atau $C = A + (-B)$. Hal ini menunjukkan bahwa selisih antara vektor **A** dan **B** adalah hasil penjumlahan vektor **A** dan **-B**, dengan **-B** adalah vektor yang berlawanan arah dengan **B** tetapi nilainya sama dengan **B**. Perhatikan gambar berikut!

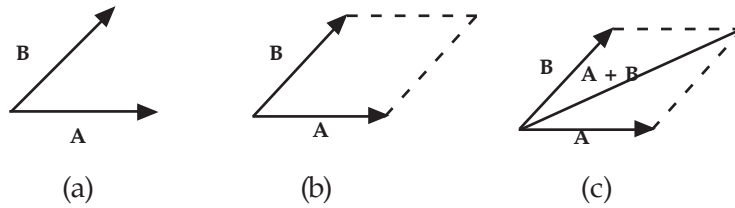


Gambar 1.9 Selisih vektor.

b. Metode Jajargenjang

Anda dapat memperoleh resultan dua buah vektor dengan metode jajargenjang. Pada metode jajargenjang terdapat beberapa langkah, yaitu sebagai berikut.

- 1) Lukis vektor pertama dan vektor kedua dengan titik pangkal berimpit (Gambar 1.10(a))!
- 2) Lukis sebuah jajargenjang dengan kedua vektor tersebut sebagai sisinya (Gambar 1.10(b))!
- 3) Resultan kedua vektor adalah diagonal jajargenjang yang titik pangkalnya sama dengan titik pangkal kedua vektor. Perhatikan (Gambar 1.10(c))!



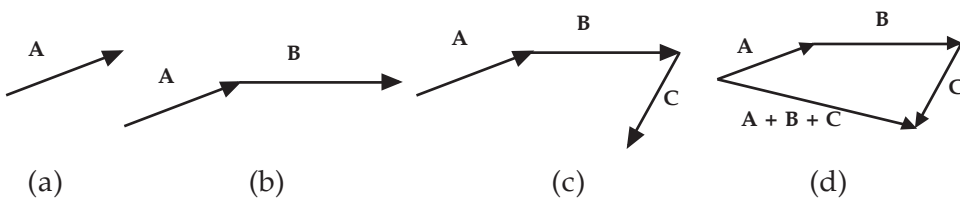
Gambar 1.10 Penjumlahan vektor dengan metode jajargenjang.

Pada metode jajargenjang, satu kali lukisan hanya dapat digunakan untuk mencari resultan dua buah vektor. Untuk resultan yang terdiri atas tiga buah vektor diperlukan dua jajargenjang, empat buah vektor diperlukan tiga jajargenjang, dan seterusnya.

c. Metode Poligon

Metode poligon dapat digunakan untuk menjumlahkan dua buah vektor atau lebih, metode ini merupakan pengembangan dari metode segitiga. Langkah-langkah menentukan resultan beberapa vektor dengan metode poligon adalah sebagai berikut.

- 1) Lukis vektor pertama (lihat Gambar 1.11(a))!
- 2) Lukis vektor kedua, dengan pangkalnya berimpit di ujung vektor pertama (lihat Gambar 1.11(b))!
- 3) Lukis vektor ketiga, dengan pangkalnya berimpit di ujung vektor kedua dan seterusnya hingga semua vektor yang akan dicari resultannya telah dilukis (lihat Gambar 1.11(c))!
- 4) Vektor resultan atau vektor hasil penjumlahannya diperoleh dengan menghubungkan pangkal vektor pertama dengan ujung dari vektor yang terakhir dilukis (lihat Gambar 1.11(d))!



Gambar 1.11 Penjumlahan vektor dengan metode poligon.

d. Metode Analisis

Metode yang paling baik (tepat) untuk menentukan resultan beberapa vektor dan arahnya adalah metode analisis. Metode ini, mencari resultan dengan cara perhitungan bukan pengukuran, yaitu menggunakan rumus kosinus dan mencari arah vektor resultan dengan menggunakan rumus sinus.

1) Menentukan Resultan Vektor Menggunakan Rumus Kosinus

Untuk menentukan vektor resultan secara matematis dapat Anda gunakan rumus kosinus, yaitu sebagai berikut.

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$$

Keterangan:

R : resultan vektor

F_1 : vektor pertama

F_2 : vektor kedua

α : sudut apit antara kedua vektor

Contoh 1.5

Diketahui dua buah vektor, masing-masing besarnya 8 N dan 6 N. Tentukan nilai resultan kedua vektor tersebut, jika titik pangkalnya berimpit dan membentuk sudut 60° !

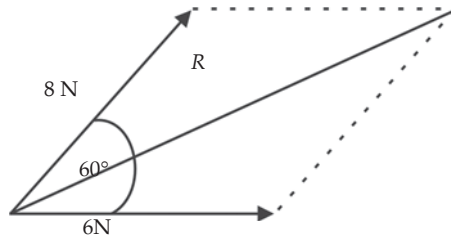
Diketahui : $F_1 = 8 \text{ N}$
 $F_2 = 6 \text{ N}$
 $\alpha = 60^\circ$

Ditanyakan : $R = \dots?$

Jawab :

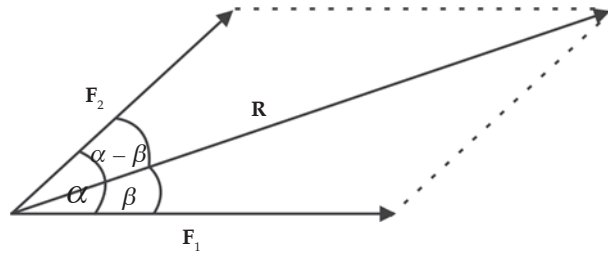
$$\begin{aligned} R &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha} \\ &= \sqrt{8^2 + 6^2 + 2 \cdot 8 \cdot 6 \cos 60^\circ} \\ &= \sqrt{(64 + 36) + 24} \\ &= \sqrt{124} \end{aligned}$$

Jadi, nilai resultannya adalah $\sqrt{124}$ N.



2) Menentukan Arah Resultan Vektor Menggunakan Rumus Sinus

Anda ketahui bahwa vektor merupakan besaran yang mempunyai nilai dan arah. Untuk menentukan arah dari vektor resultan terhadap salah satu vektor komponennya dapat digunakan persamaan sinus. Perhatikan Gambar 1.12!



Gambar 1.12 Menentukan arah vektor.

Diketahui dua buah vektor, F_1 dan F_2 membentuk sudut α . Sudut antara vektor resultan (R) dengan vektor F_1 adalah β , sedangkan sudut antara resultan (R) dan vektor F_2 adalah $\alpha - \beta$. Secara matematis persamaan ini dapat ditulis sebagai berikut.

$$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{F_1}{\sin (\alpha - \beta)} = \frac{F_2}{\sin \beta}$$

Contoh 1.6

Diketahui dua buah vektor masing-masing panjangnya 8 cm dan 6 cm. Jika kedua vektor berimpit dan saling tegak lurus, maka tentukan arah resultan vektor tersebut terhadap kedua vektor tersebut!

Diketahui : $F_1 = 8 \text{ cm}$
 $F_2 = 6 \text{ cm}$
 $\alpha = 90^\circ$ (tegak lurus)

Ditanyakan : a. $\beta = \dots?$
 b. $(\alpha - \beta) = \dots?$

Jawab :

Anda cari terlebih dahulu resultan kedua vektor.

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha} \\ &= \sqrt{8^2 + 6^2 + 2 \cdot 8 \cdot 6 \cos 90^\circ} \\ &= \sqrt{64 + 36 + 0} \\ &= \sqrt{100} \\ &= 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Arah vektor resultan (**R**) terhadap vektor F_1 .

$$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} \Rightarrow \sin \beta = \frac{F_2 \times \sin \alpha}{R}$$

$$= \frac{8 \times \sin 90^\circ}{10}$$

$$= \frac{8 \times 1}{10}$$

$$\sin \beta = 0,8$$

$$\beta = 53^\circ$$

b. Arah resultan vektor (**R**) terhadap vektor F_1 .

$$(\alpha - \beta) = 90^\circ - 53^\circ$$

$$= 37^\circ$$

3. Menguraikan Vektor

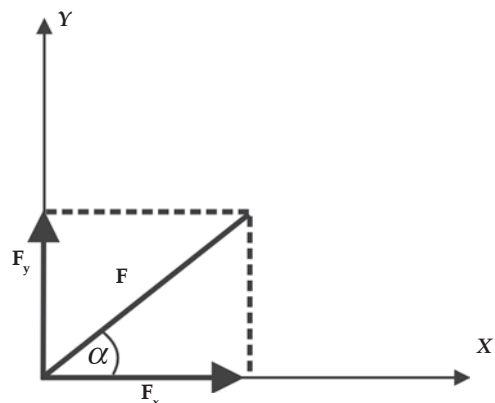
Setelah memahami cara menjumlahkan vektor, Anda akan mempelajari cara menguraikan sebuah vektor. Sebuah vektor dapat diuraikan menjadi dua buah vektor atau lebih. Pada materi ini, Anda hanya akan mempelajari cara menguraikan sebuah vektor menjadi dua buah vektor yang saling tegak lurus, yaitu pada sumbu X dan sumbu Y.

a. Menentukan Komponen Sebuah Vektor yang Besar dan Arahnya Diketahui

Vektor komponen adalah dua buah vektor atau lebih yang menyusun sebuah vektor. Setiap vektor dapat diuraikan menjadi dua buah vektor yang saling tegak lurus. Perhatikan Gambar 1.13!

Misalkan, diketahui sebuah vektor **F** yang dapat diuraikan menjadi vektor komponen pada sumbu X, yaitu F_x dan vektor komponen pada sumbu Y, yaitu F_y . Jika sudut antara vektor **F** dengan sumbu X positif adalah θ , maka besar vektor komponen F_x dan F_y dapat Anda peroleh dengan menggunakan persamaan sinus dan kosinus.

$$F_x = F \cos \theta \text{ dan } F_y = F \sin \theta$$



Gambar 1.13 Menguraikan vektor.

Contoh 1.7

Tentukan besar komponen-komponen vektor dari sebuah vektor gaya sebesar 20 N pada arah 60° terhadap sumbu X positif!

Diketahui : $F = 20 \text{ N}$

: $\theta = 60^\circ$

Ditanyakan : a. $F_x = \dots?$

b. $F_y = \dots?$

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{a. } F_x &= F \cos \theta \\ &= 20 \cos 60^\circ \\ &= 20 \cdot 0,5 \\ &= 10 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } F_y &= F \sin \theta \\ &= 20 \sin 60^\circ \\ &= 20 \cdot \frac{1}{2} \sqrt{3} \\ &= 10 \sqrt{3} \text{ N} \end{aligned}$$

b. Menentukan Besar dan Arah Sebuah Vektor Jika Kedua Vektor Komponennya Diketahui

Misalkan, jika komponen-komponen vektor F adalah F_x dan F_y , maka besar vektor F dapat ditentukan dengan menggunakan dalil Pythagoras pada segitiga siku-siku. Arah vektor tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan perbandingan trigonometri tangen.

Besar vektor F adalah sebagai berikut.

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Arah vektor F adalah sebagai berikut.

$$\tan \theta = \frac{F_y}{F_x}$$

Untuk menentukan arah vektor (sudut yang dibentuk terhadap sumbu X positif) kamu harus memperhatikan tanda F_x dan F_y , tanda tersebut akan membantu Anda dalam menentukan kuadran dalam vektor koordinat. Perhatikan tabel berikut!

No	Kuadran	I	II	III	IV
1.	F_x	+	-	-	+
2.	F_y	+	+	-	-

Contoh 1.8

Tentukan besar dan arah vektor gaya F , jika diketahui vektor komponennya sebesar 8 N dan 6 N!

Diketahui : $F_x = 8 \text{ N}$

$F_y = 6 \text{ N}$

Ditanyakan: a. $F = \dots?$

b. $\tan \theta = \dots?$

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{a. } F &= \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \\ &= \sqrt{8^2 + 6^2} \\ &= \sqrt{100} \\ &= 10 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \tan \theta &= \frac{F_y}{F_x} \\ &= \frac{6}{8} \\ \theta &= 36,98^\circ \end{aligned}$$

Soal Kompetensi 1.5

1. Sebutkan kelemahan-kelemahan dalam menentukan resultan vektor dan arahnya dengan menggunakan metode grafis dan analitis!
2. Sebuah gaya sebesar 40 N bekerja pada benda dengan membentuk sudut 60° terhadap sumbu X. Tentukan komponen vektor pada sumbu X dan Y!

Christiaan Huygens (1629 - 1695)



Sumber: Jendela Iptek

Christiaan Huygens adalah ahli fisika, ahli astronomi, penemu jam bandul, penemu teori gelombang cahaya, dan masih banyak penemuan lainnya. Huygens lahir di Den Haag, Belanda pada tanggal 14 April 1629.

Sampai umur 16 tahun Huygens tidak pernah duduk di bangku sekolah. Ia dididik di rumah, oleh guru lesnya. Baru sesudah itu Huygens masuk ke Universitas Leiden.

Untuk mengukur waktu kejadian-kejadian astronomis, Huygens membuat jam yang mampu mengukur waktu hingga ke hitungan menit. Ia menggunakan gerakan maju-mundur yang biasa terjadi pada sebuah pendulum yang berayun untuk mengendalikan gigi-gigi jam tersebut. Ia juga menggunakan serangkaian bobot berantai yang jatuh perlahan-lahan untuk memastikan pendulumnya bergerak terus-menerus. Huygens mempresentasikan modelnya yang pertama kepada pemerintah Belanda dan menggambarkannya dalam terbitan tahun 1658. Jam pendulum itu dikenal sebagai jam "kakek" dan dipakai di seluruh dunia selama hampir 300 tahun. Huygens meninggal tanggal 8 Juli 1695 di Den Haag, pada usia 66 tahun setelah banyak berkarya.

(Dikutip seperlunya dari *100 Ilmuwan*, John Hudson Tiner, 2005)

Info Kita

Alat Ukur Modern

Pengukuran sudah dilakukan manusia sejak beribu tahun yang lalu. Sepanjang masa itu, berbagai alat ukur sudah ditemukan, mulai dari alat ukur sederhana sampai alat ukur modern. Beberapa alat ukur modern yang telah ditemukan adalah pita sonik, sinar infra merah, dan radar.

Pita sonik adalah alat yang dipakai untuk mengukur jarak suatu benda dengan prinsip pemantulan bunyi. Alat ini mengeluarkan bunyi "bip-bip" ultrasonik yang tidak dapat didengar manusia. Pada saat digunakan, pita sonik mengeluarkan bunyi ultrasonik yang akan



Sumber: Jendela Iptek

memantul setelah menumbuk benda yang diukur jaraknya. Waktu yang diperlukan bunyi untuk sampai kembali ke alat ukur menunjukkan jarak benda ke alat ukur tersebut.

Sinar inframerah dapat mengukur jarak sampai ketepatan yang tinggi (2 mm tiap untuk jarak 3 km). Alat ukur ini dapat mendeteksi benda-benda yang bergerak maupun diam, serta dapat menentukan sudut horizontal dan vertikalnya. Ukuran-ukuran yang diperoleh dari sinar inframerah disimpan dalam kartu data elektronik yang selanjutnya dipindahkan ke komputer untuk dianalisis.

Radar merupakan alat ukur tercanggih yang pernah dibuat manusia. Alat ini biasanya dipasang di pesawat, kapal dan di markas angkatan perang. Gelombang radar dipancarkan dari antena radar ke segala arah. Gelombang ini akan terpantul kembali ke radar bila menumbuk benda, baik yang bergerak maupun diam. Gelombang yang kembali dapat diubah secara elektronik menjadi gambar di layar. Sistem canggih ini dapat menentukan posisi benda, benda tersebut bergerak atau diam, dan kecepatan serta arahnya jika bergerak.



Rangkuman

1. Satuan yang dipakai saat ini adalah satuan Sistem Internasional (SI).
2. Ada tujuh besaran pokok dalam SI, yaitu panjang, massa, waktu, suhu, kuat arus listrik, intensitas cahaya, dan jumlah mol.
3. Besaran pokok adalah besaran yang digunakan sebagai dasar untuk menetapkan besaran yang lain.
4. Besaran turunan adalah besaran yang diperoleh dengan menurunkan besaran pokok.
5. Dimensi suatu besaran adalah cara besaran tersebut tersusun atas besaran-besaran pokoknya.
6. Dimensi mempunyai dua kegunaan, yaitu untuk menentukan satuan dari suatu besaran turunan dan menunjukkan kesetaraan beberapa besaran yang seingkat tampak berbeda.
7. Instrumen pengukuran adalah alat-alat yang digunakan untuk mengukur suatu besaran. Misalnya, panjang dengan mistar, massa dengan neraca, dan waktu dengan jam.
8. Setiap pengukuran pasti terdapat ketidakpastian yang disebabkan beberapa kesalahan, antara lain, kesalahan internal, kesalahan sistematis, dan kesalahan acak.
9. Kesalahan internal adalah kesalahan yang disebabkan keterbatasan pada pengamat saat melakukan pengukuran.
10. Kesalahan sistematis merupakan kesalahan yang disebabkan oleh alat yang digunakan dan atau lingkungan di sekitar alat yang mempengaruhi kinerja alat. Misalnya, kesalahan kalibrasi, kesalahan titik nol, kesalahan komponen alat atau kerusakan alat, kesalahan paralaks, perubahan suhu, dan kelembapan.
11. Kesalahan acak adalah kesalahan yang terjadi karena adanya fluktuasi-fluktuasi halus pada saat melakukan pengukuran. Misalnya, karena adanya gerak brown molekul udara, fluktuasi tegangan listrik, landasan bergetar, bising, dan radiasi.
12. Pengukuran tunggal merupakan pengukuran yang hanya dilakukan sekali saja.
13. Ketidakpastian pada pengukuran tunggal diperoleh dari setengah skala terkecil alat yang digunakan.
14. Pengukuran berulang adalah pengukuran yang dilakukan beberapa kali.

15. Nilai yang digunakan sebagai pengganti nilai yang mendekati benar (x_0) adalah nilai rata-rata dari data yang diperoleh (\bar{x}_0). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut

$$x_0 = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N} = \frac{\sum x_i}{N}$$

16. Ketidakpastian (Δx) pada pengukuran berulang diperoleh dari nilai simpangan baku nilai rata-rata sampel. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut

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

17. Besaran vektor adalah besaran yang mempunyai nilai (besar) dan arah, antara lain, perpindahan, kecepatan, percepatan, momentum, dan gaya.
18. Resultan vektor merupakan jumlah dari dua atau lebih vektor.
19. Resultan vektor dapat diperoleh dengan beberapa metode, antara lain, metode segitiga, metode jajargenjang, poligon, dan analitis.
20. Rumus mencari resultan vektor dan arahnya dengan metode analisis adalah sebagai berikut.

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha} \quad \text{dan} \quad \frac{R}{\sin \alpha} = \frac{F_1}{\sin (\alpha - \beta)} = \frac{F_2}{\sin \beta}.$$

20. Vektor komponen adalah dua buah vektor atau lebih yang menyusun sebuah vektor.
21. Rumus mencari resultan vektor dan arahnya yang vektor komponennya diketahui dengan cara berikut.

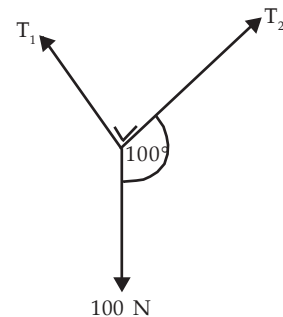
$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad \text{dan} \quad \tan \theta = \frac{F_y}{F_x}$$

P e l a t i h a n

A. Pilihlah jawaban yang benar dengan menuliskan huruf a, b, c, d, atau e di buku tugas Anda!

- Kelompok besaran berikut yang merupakan besaran turunan adalah
 - momentum, waktu, dan kuat arus
 - kecepatan, usaha, dan massa
 - energi, usaha, dan waktu
 - berat, panjang, dan massa
 - percepatan, usaha, dan massa jenis
- Besaran-besaran berikut yang bukan besaran turunan adalah
 - percepatan
 - gaya
 - usaha
 - massa
 - volume
- Pasangan besaran fisika berikut yang memiliki satuan sama adalah
 - usaha dan gaya
 - usaha dan energi
 - momentum dan gaya
 - momentum dan usaha
 - energi dan gaya
- Satuan berat benda adalah
 - kg m
 - kg ms⁻¹
 - kg ms⁻²
 - kg m² s⁻¹
 - kg m²s⁻²
- Dimensi dari usaha adalah
 - [M] [L]² [T]⁻²
 - [M] [T]⁻²
 - [M] [L] [T]⁻²
 - [M] [L]⁻¹ [T]⁻¹
 - [M] [L]¹ [T]⁻²

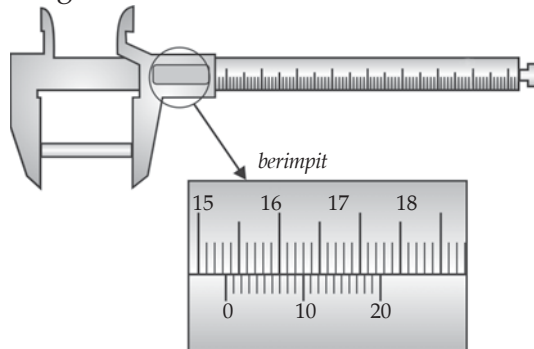
6. Kesalahan instrumen yang disebabkan oleh gerak brown digolongkan sebagai
- kesalahan relatif
 - kesalahan sistematis
 - kesalahan acak
 - kesalahan lingkungan
 - kesalahan umum
7. Dua vektor \mathbf{P} dan \mathbf{Q} besarnya 40 dan 20 satuan. Jika sudut antara kedua vektor tersebut sebesar 60° , maka besar dari $\mathbf{P} - \mathbf{Q}$ adalah
- 20
 - $20\sqrt{3}$
 - 30
 - $40\sqrt{3}$
 - 60
8. Kelompok besaran berikut yang termasuk besaran vektor adalah
- perpindahan, gaya, dan percepatan
 - gaya, momentum, dan waktu
 - gaya, tekanan, dan volume
 - perpindahan, massa, dan usaha
 - jarak, momentum, dan percepatan
9. Perhatikan gambar di samping! T_1 dan T_2 merupakan vektor gaya. Agar resultan ketiga vektor gaya sama dengan nol, maka harus berlaku hubungan
- $T_1 + T_2\sqrt{3} - 50 = 0$
 - $T_1 - T_2\sqrt{3} = 0$
 - $T_1\sqrt{3} + T_2 - 50 = 0$
 - $T_1\sqrt{3} + T_2 = 0$
 - $T_1 + T_2\sqrt{3} - 200 = 0$
10. Dua buah vektor yang besarnya F_1 dan F_2 memiliki titik tangkap sama. Jika $F_1 = F_2 = R$ (dengan R resultan kedua vektor tersebut), maka besarnya sudut apit antara dua vektor tersebut adalah
- 30°
 - 45°
 - 60°
 - 90°
 - 120°



11. Sebuah balok memiliki panjang 20 mm, tinggi 15 mm, dan lebar 14 mm. Volume balok dalam m^3 adalah
- $4,2 \times 10^{-9}$
 - $4,2 \times 10^{-6}$
 - $4,2 \times 10^{-4}$
 - $4,2 \times 10^{-2}$
 - $4,2 \times 10^{-1}$
12. Dua buah vektor memiliki pangkal berimpit, dan masing-masing besarnya 3 N dan 4 N. Jika sudut apit antara kedua vektor tersebut 60° , maka vektor resultannya adalah
- $\sqrt{34}$ N
 - $\sqrt{35}$ N
 - $\sqrt{37}$ N
 - $\sqrt{38}$ N
 - $\sqrt{39}$ N
13. Hasil pengukuran panjang dan lebar suatu halaman adalah 12,61 m dan 5,2 m. Menurut aturan angka penting, luas halaman tersebut adalah
- 66 m^2
 - 65,572 m^2
 - 65,57 m^2
 - 65,5 m^2
 - 65 m^2
14. Andi berjalan sejauh 5 m ke arah 30° utara dari timur, Cahyo berjalan sejauh 7 m dengan arah 60° timur dari selatan, dan Nana berjalan sejauh 4 m dengan arah 30° barat dari selatan. Jika mereka berangkat dari titik yang sama, maka besar perpindahan total ketiga anak tersebut adalah
- $\sqrt{125 - 20\sqrt{3}}$
 - $\sqrt{125 - 20}$
 - $\sqrt{25 - 20\sqrt{3}}$
 - $\sqrt{225 - 20\sqrt{3}}$
 - $\sqrt{135 - 20\sqrt{3}}$
15. Komponen-komponen vektor pada sumbu X dan Y dari vektor **P** adalah 4 m dan 6 m. Komponen-komponen vektor pada sumbu X dan Y dari vektor (**P** + **Q**) adalah 0 dan 9 m. Panjang vektor **Q** adalah
- 10 m
 - 9 m
 - 6 m
 - 5 m
 - 4 m

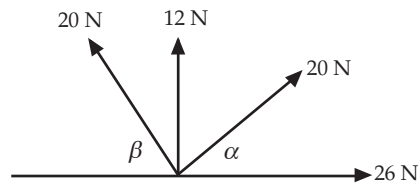
B. Kerjakan soal-soal berikut dengan benar!

1. Sebut dan jelaskan dengan bahasa Anda sendiri perbedaan antara besaran pokok dan besaran turunan!
2. Mengapa saat Anda melakukan pengukuran suatu besaran fisis harus di laporkan sedekat mungkin ke skala penuh? Jelaskan dengan bahasa Anda sendiri!
3. Perhatikan gambar berikut!



Berdasarkan gambar tersebut, hitunglah hasil pengukurannya!

4. Perhatikan gambar berikut!



Jika $\sin \alpha = \frac{3}{5}$ dan $\sin \beta = \frac{4}{5}$, maka tentukan resultan keempat gaya pada gambar tersebut!

5. Sebuah pesawat tempur terbang dari sebuah pangkalan angkatan darat pada arah 30° ke timur dari utara sejauh 100 km, kemudian berbelok ke arah timur sejauh $40\sqrt{3}$ dan akhirnya berbelok ke utara sejauh 40 km. Tentukan besar dan arah perpindahan pesawat tempur tersebut dari pangkalan angkatan darat!