MODUL 1

Konsep Dasar

Drs. Yurizal Rahman
Drs. Mulyatno, M.Si.

PENDAHULUAN

Fisika adalah ilmu pengetahuan yang memusatkan perhatian pada fenomena-fenomena alam. Sebagai ilmu pengetahuan alam, fisika didasarkan pada eksperimen dan pengukuran kuantitatif, atau dengan kata lain, fisika didasarkan pada pengamatan empiris. Dari sejarah perkembangan ilmu fisika ternyata bahwa teori fisika dapat menjelaskan perilaku alam dengan menggunakan hukum-hukum dasar yang bentuknya sederhana dan tidak terlalu banyak. Hukum-hukum dasar fisika pada umumnya diformulasikan dalam bahasa matematika dengan maksud agar dapat menjembatani antara teori dan eksperimen.

Dalam sejarah perkembangannya, sering muncul perbedaan antara teori dan eksperimen. Hal ini memotivasi para fisikawan untuk menemukan teori atau konsep-konsep baru agar lebih dapat menjelaskan hasil eksperimen. Sebagai contoh, hukum-hukum dasar fisika tentang gerak, yang ditemukan oleh Newton pada abad ke-17, ternyata tidak cocok untuk mendeskripsikan gerak dengan kecepatan yang sangat tinggi (mendekati kecepatan cahaya, di mana kecepatan cahaya besarnya 3×10^8 meter per detik). Oleh karena itu, muncul teori baru yang dikenal sebagai teori relativitas Einstein yang dapat menjelaskan sifat gerak pada kecepatan yang sangat tinggi, sekaligus merupakan bentuk yang lebih umum dari hukum-hukum Newton. Demikian teori-teori baru terus bermunculan hingga saat ini, sebagai upaya para fisikawan untuk menjelaskan fenomena-fenomena yang ada di alam semesta.

Dalam modul ini Anda akan mempelajari secara garis besar ruang lingkup ilmu fisika serta pengantar ke mekanika, yaitu cabang ilmu fisika yang mempelajari tentang gerak benda. Di sini dapat Anda pelajari pengertian dasar tentang besaran, satuan dan dimensi. Selain itu juga akan Anda pelajari tentang hitung vektor, yaitu perangkat matematika yang dipergunakan untuk membahas mekanika. Setelah mempelajari modul ini Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan ruang lingkup ilmu fisika dan perkembangannya;
2. menjelaskan tentang besaran, satuan dan dimensi;
3. menjelaskan dan menggunakan sistem satuan standar;
4. menggunakan konsep hitung vektor dalam menyelesaikan masalah fisika.

KEGIATAN BELAJAR 1

Besaran, Satuan, dan Dimensi

A. BESARAN DAN SATUAN

Suatu sistem yang diamati di dalam fisika mempunyai sifat-sifat sistem. Sifat sistem yang dapat diukur secara kuantitatif di dalam fisika dikenal sebagai besaran (*quantity*). Dalam fisika dikenal adanya besaran dasar dan besaran turunan. Dalam fisika dikenal beberapa besaran dasar antara lain panjang, massa, waktu, temperatur mutlak, kuat arus listrik, intensitas cahaya, dan sebagainya. Besaran turunan adalah besaran yang diturunkan dari besaran dasar. Contoh besaran turunan adalah luas, volume, kecepatan, percepatan, dan energi.

Karena sifatnya yang kuantitatif (dapat diukur) maka setiap besaran mempunyai ukuran yang disebut satuan (*unit*). Mengukur pada dasarnya adalah membandingkan suatu besaran dengan besaran lain yang sudah dianggap standar. Setiap negara, atau setiap daerah, mempunyai sistem satuan masing-masing sebagai cara menyatakan ukuran dari besaran sehingga setiap besaran dapat dinyatakan dalam berbagai bentuk satuan. Sebagai contoh, besaran *panjang*, dapat dinyatakan dengan satuan meter, kilometer, hasta, *feet*. Karena ada banyak sistem satuan di dunia ini maka para fisikawan menganggap perlu menyusun suatu sistem satuan standar. Pada tahun 1960 suatu komite internasional menetapkan suatu sistem satuan untuk besaran-besaran dasar. Sistem satuan ini kemudian dikenal sebagai Sistem Internasional (SI). Satuan dari besaran dasar menurut SI seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1.
Besaran dasar dan sistem satuan (SI).

Besaran	Simbol Besaran	Satuan	Simbol Satuan
Massa	m	kilogram	kg
Panjang	l	meter	m
Waktu	t	detik (*second*)	s
Arus Listrik	I	ampere	A
Temperatur Mutlak	T	kelvin	K
Jumlah Zat	n	mol	mol
Intensitas Cahaya	I	candela	cd

Catatan: Simbol besaran ditulis dengan huruf miring (*italic*) dan simbol satuan ditulis dengan huruf tegak (normal).

B. BEBERAPA DEFINISI SATUAN STANDAR

1. Kilogram

Pada awalnya satu kilogram didefinisikan sebagai besarnya massa yang sama dengan massa sebuah silinder yang terbuat dari bahan platina-iridium yang tersimpan di Biro Pengukuran dan Satuan Standar di Sevres, Perancis. Besarnya massa ini sama dengan massa satu liter air murni pada temperatur 20^oC.

Pada perkembangan selanjutnya, sesuai dengan perkembangan ilmu fisika modern, satu kilogram didefinisikan sebagai massa yang sama dengan $\frac{1}{6,27\times 10^{-27}}$ $\times$ massa sebuah proton. Proton adalah partikel elementer penyusun inti atom (nuklir).

2. Meter

Pada awalnya satu meter didefinisikan sebagai panjang yang sama dengan panjang meter standar yang berupa sebuah batang yang terbuat dari bahan platina-iridium yang tersimpan di Biro Pengukuran dan Satuan Standar di Sevres, Perancis. Panjang meter standar ini sama dengan $\frac{1}{4\times 10^{7}}$ $\times$ panjang diameter bumi.

Pada perkembangan selanjutnya, sesuai dengan perkembangan ilmu fisika modern, panjang satu meter didefinisikan sebagai panjang yang sama dengan 1.650.763,73 kali panjang gelombang radiasi merah-jingga yang dihasilkan atom Kripton.

3. Detik

Pada awalnya satu detik didefinisikan sebagai interval waktu yang sama dengan $\frac{1}{86.400}$ $\times$ rata-rata hari matahari (*mean solar day*). Dengan perkembangan ilmu fisika, saat ini satu detik didefinisikan sebagai interval waktu yang sama dengan waktu yang dibutuhkan oleh atom cesium (Cs^{133}) untuk bergetar sebanyak 9.192.631.770 kali.

Untuk keperluan praktis sehari-hari, masih dipergunakan ukuran standar yang tersimpan di Sevres, Perancis, dan setiap negara menduplikasinya untuk keperluan negaranya masing-masing.

C. KONVERSI SATUAN

Suatu bentuk satuan dapat dinyatakan ke dalam bentuk satuan lainnya yang dikenal sebagai konversi satuan. Contoh salah satu bentuk konversi satuan yang menggunakan kelipatan 10 adalah yang menggunakan istilah (awalan) dan simbol, seperti pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2.
Beberapa istilah untuk konversi satuan.

Istilah	Simbol	Kuantitas	Istilah	Simbol	Kuantitas
giga	G	10^9	deci	d	10^{-1}
mega	M	10^6	centi	c	10^{-2}
kilo	k	10^3	mili	m	10^{-3}
hekto	h	10^2	mikro	μ	10^{-6}
deka	da	10^1	nano	n	10^{-9}

Sebagai contoh konversi satuan dengan menggunakan Tabel 1.2 adalah sebagai berikut.

$1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$ $\quad$ $1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$ $\quad$ $1 \text{ Gs} = 10^9 \text{ s}$

$1 \text{ hg} = 10^2 \text{ g}$ $\quad$ $1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m}$ $\quad$ $1 \text{ ks} = 10^3 \text{ s}$

$1 \text{ cg} = 10^{-2} \text{ g}$ $\quad$ $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$ $\quad$ $1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$

$1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}$ $\quad$ $1 \,\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$ $\quad$ $1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$

Selain bentuk konversi seperti di atas, ada pula bentuk konversi yang sifatnya spesifik, seperti contoh berikut ini.

$$1 \text{ jam} = 60 \text{ menit} = 3600 \text{ s} = \frac{1}{24} \text{ hari}$$

$$1 \text{ mil} = 1609 \text{ m}$$

$$1 \text{ ft} = 0{,}3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ slug} = 14600 \text{ g}$$

D. DIMENSI

Dimensi adalah suatu cara menyatakan suatu besaran ke dalam besaran dasarnya. Dimensi dituliskan dengan simbol besaran di dalam tanda kurung tegak. Dimensi besaran dasar, yaitu panjang, massa dan waktu dituliskan sebagai [*l*], [*m*] dan [*t*]. Dimensi berguna untuk menentukan satuan dari suatu besaran turunan. Contohnya diberikan pada Tabel 1.3 berikut ini.

Tabel 1.3.
Dimensi dan satuan.

Besaran	Simbol	Rumus	Dimensi	Satuan (SI)
Luas	A	A = panjang × lebar	$[l]\times[l]=[l]^2$	m^2 (meter kuadrat, atau meter persegi)
Volume	V	$V = A \times$ tinggi	$[l]^2\times[l]=[l]^3$	m^3 (meter kubik)
Kecepatan	v	v = jarak/waktu	$[l]/[t]=[l][t]^{-1}$	m/s, atau ms^{-1}
Percepatan	a	$a=\Delta v/t$ (Δ = perubahan)	$([l]/[t])/[t]$ $=[l]/[t]^2$ $=[l][t]^{-2}$	m/s^2, atau ms^{-2}
Gaya	F	$F=m\times a$	$[m]\times[l]/[t]^2$ $=[m][l]/[t]^2$ $=[m][l][t]^{-2}$	$kg.m/s^2$, atau $kg.ms^{-2}$

***Contoh* 1**
Sebuah bola dengan diameter 15 cm massanya 250 g. Tentukan dalam satuan SI:

a. Luas permukaan bola.
b. Volume bola.
c. Massa jenis bola.

Penyelesaian:
Misalkan r adalah jejari bola dan m adalah massa bola, maka

$$r = \frac{15}{2}\,\text{cm} = \frac{15}{2}\times 10^{-2}\,\text{m} = 7,5\times 10^{-2}\,\text{m}$$

$$\text{m} = 250\,\text{g} = 250\times 10^{-3}\ \text{kg} = 0,25\ \text{kg}$$

a. Luas permukaan bola (A)

$$A = 4\pi r^2 = (4)(3,14)(7,5\times 10^{-2})^2\ \text{m}^2 \approx 7,07\times 10^{-2}\,\text{m}^2$$

b. Volume bola (V)

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \left(\frac{4}{3}\right)(3,14)(7,5\times 10^{-2})^3\ \text{m}^3 \approx 1,77\times 10^{-3}\ \text{m}^3$$

c. Massa jenis bola (ρ) adalah massa bola per satuan volume bola

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,25}{1,77\times 10^{-3}}\ \text{kg}/\text{m}^3 \approx 1,41\times 10^{2}\ \text{kg.m}^{-3}$$

LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1) Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 60 km/jam. Berapa kecepatannya dalam m/s?
2) Seorang pelari maraton dapat berlari nonstop selama 2,5 jam. Berapa menitkah itu?
3) Massa sebuah atom tembaga (Cu) adalah $1,06\times 10^{-22}$ g. Berapa besar massanya jika dinyatakan dalam SI?
4) Sebuah kubus terbuat dari bahan aluminium (Al) mempunyai volume 0,2 cm^3 dan massa jenis 2,7 g/cm^3. Jika berat atom aluminium, M_{Al} = 27 g/mol, dan setiap mol aluminium mengandung $6,03\times 10^{23}$ atom, berapa banyak atom yang terkandung dalam kubus aluminium tersebut?

Petunjuk Jawaban Latihan

1) Dengan menggunakan konversi satuan, 1 km = 10^3 m dan 1 jam = 3600 s maka dapat ditentukan besarnya kecepatan mobil dalam satuan m/s. (Jawab: 16,7 m/s).
2) (Jawab: 150 menit).
3) Dengan menggunakan konversi satuan, 1 g = 10^{-3} kg dapat ditentukan massa tembaga dalam satuan kg. (Jawab: $1{,}06 \times 10^{-25}$ kg)
4) Dengan diketahui besarnya massa jenis (ρ) dan volume (V) maka dapat dihitung massa aluminium.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V$$

Kemudian jumlah mol dari aluminium dapat ditentukan dengan rumus,

$$n = \frac{m}{M_{A1}}$$

dan akhirnya dapat ditentukan jumlah atom aluminium tersebut.
(Jawab: $1{,}2 \times 10^{23}$ atom).

RANGKUMAN

Ciri khas dari fisika adalah bahwa ilmu ini didasarkan pada pengukuran. Mengukur suatu besaran adalah membandingkan besaran tersebut dengan besaran standar.

Besaran-besaran dasar pada fisika antara lain adalah massa (m), panjang (l) dan waktu (t), masing-masing menurut SI mempunyai satuan kilogram (kg), meter (m) dan detik (s).

TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1) Dimensi dari volume adalah ….
   A. $[l][t]$
   B. $[l]^3$
   C. $[l][t]^2$
   D. $[l][m][t]$

2) Jika diketahui kecepatan cahaya besarnya 3×10^8 m/s, dan kita definisikan satuan waktu baru, yaitu 1 kedipan = $10 \times \mu$s maka besarnya kecepatan cahaya dalam satuan m/kedipan adalah ….
   A. 3×10^3 m/kedipan
   B. 3×10^7 m/kedipan
   C. 3×10^9 m/kedipan
   D. 3×10^{13} m/kedipan

3) Apabila persamaan gerak suatu partikel dinyatakan dengan $s = at^2$, di mana s adalah perpindahan (lintasan) partikel, a adalah konstanta dan t adalah waktu maka dimensi a adalah ….
   A. $[l][t]^2$
   B. $[l][t]$
   C. $[l]^2[t]^{-1}$
   D. $[l][t]^{-2}$

4) Sebuah kapal laut bergerak dengan kecepatan 20 knot. Jika diketahui 1 knot = 1 mil/jam, dan 1 mil = 1,6 km maka besarnya kecepatan kapal tersebut dalam satuan km/jam adalah ….
   A. 20 km/jam
   B. 27 km/jam
   C. 32 km/jam
   D. 37 km/jam

5) Suatu teori atau model fisika yang baik haruslah ….
   A. menggunakan satuan SI
   B. dapat diuji kebenarannya secara eksperimen
   C. untuk benda yang berukuran kecil
   D. menggunakan hukum-hukum Newton

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan:	90 - 100%	= baik sekali
	80 - 89%	= baik
	70 - 79%	= cukup
	< 70%	= kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

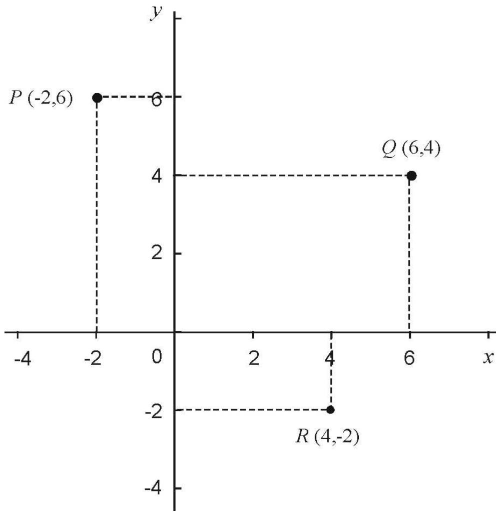
Pengantar Hitung Vektor

Seperti telah disebutkan sebelumnya, dalam mempelajari fisika kita menggunakan matematika sebagai alat untuk mendeskripsikan keadaan suatu sistem maupun hukum-hukum alam. Salah satu metode matematika yang banyak dipergunakan dalam fisika adalah hitung vektor. Metode ini khususnya dipergunakan untuk mendeskripsikan besaran-besaran fisika yang mengandung arah. Besaran fisika yang mempunyai arah disebut besaran vektor. Contohnya adalah kecepatan, percepatan, gaya, momentum, dan sebagainya.

Pada mata kuliah Aljabar Linear Elementer, teori vektor dibahas secara luas. Pada modul ini akan diberikan pula bahasan yang sederhana sekadar untuk mengingat kembali materi yang sudah Anda pelajari pada mata kuliah Aljabar Linear Elementer. Dalam Pengantar Hitung Vektor, yang diberikan pada modul ini, Anda akan mempelajari dasar-dasar hitung vektor yang mencakup pengertian dasar dan operasi vektor, dan pembahasannya mengarah pada penerapannya di dalam fisika.

A. SISTEM KOORDINAT DAN KERANGKA ACUAN

Posisi suatu titik dapat direpresentasikan dengan menggunakan sistem koordinat. Pada sistem koordinat Cartesian dipergunakan sumbu-sumbu koordinat, yang berupa garis lurus (garis bilangan), sebagai garis acuan. Untuk sistem satu dimensi (garis lurus), posisi suatu titik selalu terletak pada garis sumbu. Untuk sistem dua dimensi (bidang datar) dipergunakan dua sumbu koordinat yang saling tegak lurus, biasanya dikenal sebagai sumbu-x dan sumbu-y . Posisi suatu titik P dalam sistem koordinat dinyatakan dengan (x_p, y_p), yaitu koordinat titik tersebut terhadap sumbu-x dan sumbu-y . Contoh posisi dari beberapa titik pada sistem koordinat Cartesian diberikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1.
Titik *P*, *Q* dan *R* pada koordinat Cartesian dua dimensi.

Dalam sistem tiga dimensi dipergunakan tiga sumbu koordinat, misalkan sumbu x, y dan z pada sistem koordinat Cartesian. Posisi suatu titik P dinyatakan dengan (x_P, y_P, z_P), yaitu koordinat titik tersebut terhadap sumbu-sumbu x, y dan z.

Selain sistem koordinat Cartesian juga dikenal sistem koordinat polar. Pada sistem koordinat polar posisi suatu titik dinyatakan dalam (r, θ), di mana r adalah jarak titik terhadap pusat sumbu koordinat, dan θ adalah sudut antara r dan sumbu-x positif (lihat Gambar 1.2).

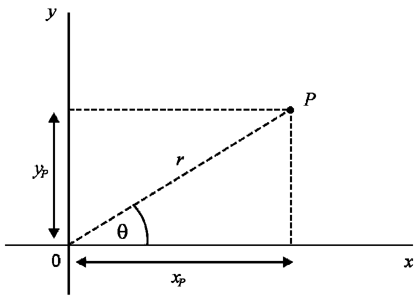
Dari Gambar 1.2 kita dapatkan hubungan:

$$x = r\cos\theta \qquad (1.1)$$

$$y = r\sin\theta \qquad (1.2)$$

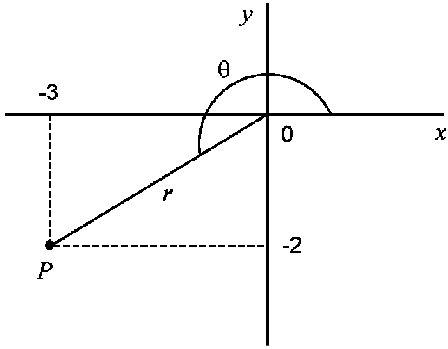
$$\tan\theta = \frac{y}{x} \qquad (1.3)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \qquad (1.4)$$



Gambar 1.2.
Titik *P* pada koordinat polar.

***Contoh* 2**
Koordinat sebuah titik pada koordinat Cartesian adalah (–3, –2). Tentukan koordinat titik tersebut pada koordinat polar.



Gambar 1.3.
Titik *P* dengan koordinat (-3,-2).

Penyelesaian:

Lihat Gambar 1.3.

$$x = -3, \quad y = -2$$

$$r = \sqrt{(-3)^2 + (-2)^2} = 3,6$$

$$\tan\theta = \frac{y}{x} = \frac{-2}{-3} \approx 0,67$$

$$\theta = \arctan(0,67) \approx 33,7^\circ$$

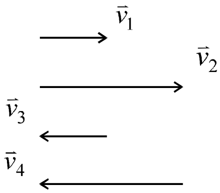
Jadi koordinat polar titik tersebut adalah $(3,6; 33,7^\circ)$.

B. VEKTOR DAN SKALAR

1. Vektor

Dalam fisika dikenal dua macam besaran, yaitu besaran skalar dan besaran vektor. Besaran skalar adalah besaran yang dicirikan oleh besarnya saja dan tidak mempunyai arah. Contohnya adalah massa, volume, energi, dan sebagainya. Besaran vektor adalah besaran yang mempunyai besar dan arah. Contohnya adalah kecepatan, percepatan, dan gaya.

Dalam fisika, besaran vektor direpresentasikan dengan gambar anak panah. Arah panah menunjukkan arah vektor, dan panjang anak panah menunjukkan perbandingan besar vektor. Simbol vektor dituliskan dengan huruf cetak tebal atau dengan tanda garis di atasnya. Contoh, vektor kecepatan dituliskan dengan simbol $\boldsymbol{v}$ atau $\vec{v}$. Dua vektor yang berlawanan arah mempunyai tanda yang berlawanan. Contoh representasi vektor dengan gambar, seperti pada Gambar 1.4.



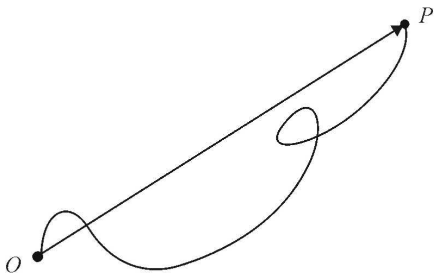
$$\vec{v}_2 = 2\,\vec{v}_1$$

$$\vec{v}_3 = -\,\vec{v}_1$$

$$\vec{v}_4 = -2\,\vec{v}_1 = -\,\vec{v}_2$$

Gambar 1.4.
Representasi vektor dengan gambar.

Contoh besaran vektor yang lain adalah vektor *perpindahan* atau *lintasan* yang dituliskan dengan simbol besaran $\vec{s}$. Suatu partikel yang bergerak dari titik *O* ke titik *P* dapat melalui berbagai macam bentuk lintasan. Pada Gambar 1.5 digambarkan lintasan yang berkelok-kelok. Vektor perpindahan digambarkan sebagai anak panah yang berpangkal di titik *O* dan berujung di titik *P*. Jadi pada gambar tersebut vektor perpindahan $\vec{s} = \overrightarrow{OP}$.



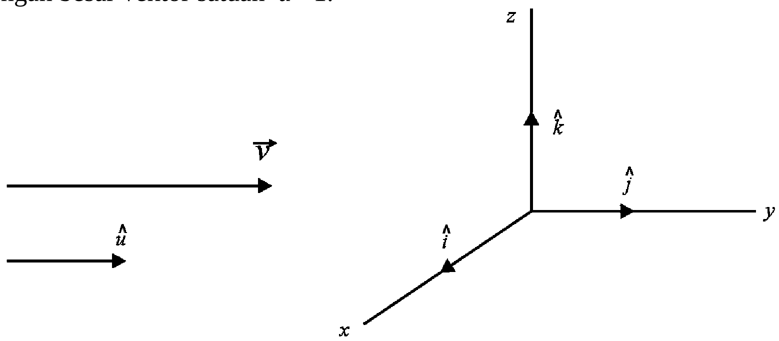
Gambar 1.5.
Vektor perpindahan $\vec{s} = \overrightarrow{OP}$.

2. Vektor Satuan

Setiap vektor dapat dituliskan ke dalam vektor satuannya. Sebagai contoh, misalkan $\hat{u}$ adalah vektor satuan yang searah dengan vektor $\vec{v}$, dan besar vektor $\vec{v}$ adalah v maka vektor $\vec{v}$ dapat dituliskan dalam bentuk

$$\vec{v} = v\,\hat{u} \tag{1.5}$$

dengan besar vektor satuan u =1.



(a) Vektor satuan $\hat{u}$ yang searah dengan vektor $\vec{v}$

(b) Vektor satuan pada sistem koordinat Cartesian

Gambar 1.6.
Vektor satuan

Gambar 1.6. menyatakan vektor satuan $\hat{u}$ yang searah dengan $\vec{v}$. Jadi vektor satuan didefinisikan sebagai vektor yang besarnya (harganya) satu. Vektor satuan dituliskan dengan simbol yang bertanda ‘payung’ di atasnya. Vektor satuan pada arah sumbu *x*, *y* dan *z*, biasanya dinyatakan dengan simbol $\hat{i}$, $\hat{j}$ dan $\hat{k}$.

3. Penjumlahan Vektor

Beberapa vektor (sejenis) dapat dijumlahkan sehingga menghasilkan sebuah vektor baru yang dikenal sebagai vektor resultan. Ada beberapa cara penjumlahan vektor, di antaranya adalah dengan metode jajaran genjang dan metode uraian. Di sini kita akan mempelajari kedua metode ini.

a. Metode Jajaran Genjang

Menjumlahkan vektor dengan metode ini pada prinsipnya adalah membentuk jajaran genjang dari setiap dua vektor yang akan dijumlahkan, dan diagonal panjangnya menyatakan vektor resultannya. Sebagai contoh, misalkan kita akan menjumlahkan dua buah vektor $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$, seperti pada Gambar 1.7. Cara menjumlahkan adalah sebagai berikut.

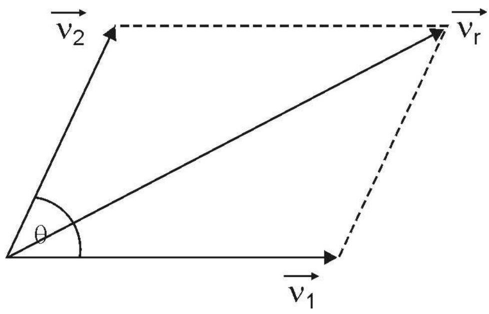
1) Letakkan titik pangkal kedua vektor pada satu titik pangkal (berimpit).
2) Bentuklah jajaran genjang dengan sisi-sisi sejajarnya adalah vektor $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$.
3) Tariklah diagonal jajaran genjang melalui titik pangkalnya, dan diagonal ini menunjukkan vektor resultan $\vec{v}_r$. Vektor resultan tersebut menyatakan hasil penjumlahan antara vektor $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$, atau kita tuliskan

$$\vec{v}_r = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \qquad (1.6)$$

Besar vektor resultan dinyatakan dengan

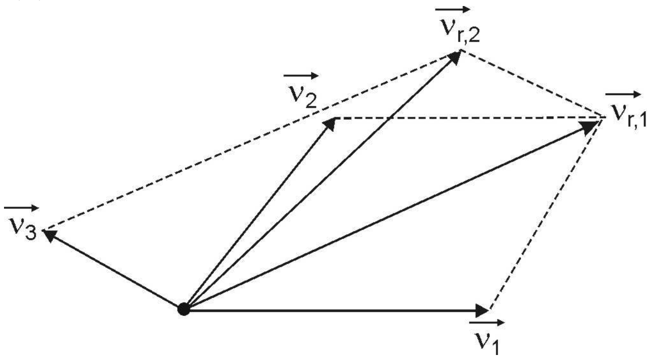
$$v_r = \sqrt{v_1^{\,2} + v_2^{\,2} + 2v_1v_2\cos\theta} \qquad (1.7)$$

dengan v_1 dan v_2 menyatakan besar vektor $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$, dan θ adalah sudut yang dibentuk oleh vektor $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$.



Gambar 1.7.
Metode jajaran genjang.

Jika kita ingin menjumlahkan lebih dari dua vektor maka kita harus membuat jajaran genjang kedua, ketiga, dan seterusnya, dengan vektor-vektor resultan menjadi salah satu sisi jajaran genjang. Sebagai contoh, misalkan kita akan menjumlahkan tiga buah vektor $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$, $\vec{v}_3$, seperti pada Gambar 1.8.



Gambar 1.8.
Penjumlahan 3 buah vektor dengan metode jajaran genjang.

Dengan metode jajaran genjang untuk penjumlahan vektor $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$ kita dapatkan vektor resultan $\vec{v}_{r1}$. Selanjutnya dengan cara yang sama kita jumlahkan vektor $\vec{v}_{r1}$ dengan $\vec{v}_3$ menghasilkan vektor resultan $\vec{v}_{r2}$. Jadi dapat kita tuliskan,

$$\vec{v}_{r1} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \tag{1.8}$$

$$\vec{v}_{r2} = \vec{v}_{r1} + \vec{v}_3 = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 + \vec{v}_3 \tag{1.9}$$

dengan besar vektornya

$$v_{r1} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2\cos\theta} \tag{1.10}$$

$$v_{r2} = \sqrt{v_{r1}^2 + v_3^2 + 2v_{r1}v_3\cos\theta} \tag{1.11}$$

Demikian dengan cara yang sama kita dapat menjumlahkan banyak vektor dengan metode jajaran genjang.

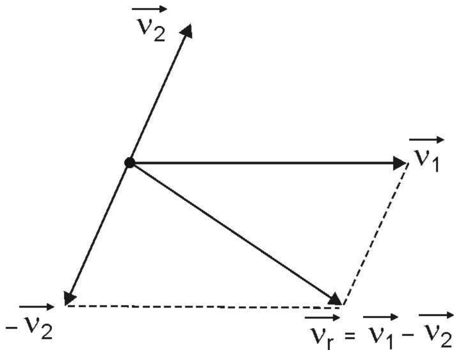
Penjumlahan vektor dapat pula berupa pengurangan vektor. Jika vektor $\vec{v}_r$ merupakan hasil pengurangan vektor $\vec{v}_1$ dengan $\vec{v}_2$ maka dapat kita tuliskan

$$\vec{v}_r = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \vec{v}_1 + (-\vec{v}_2) \tag{1.12}$$

dengan vektor $-\vec{v}_2$ adalah vektor yang besarnya sama dengan v_2 tetapi arahnya berlawanan (berbeda 180^o) dengan vektor $\vec{v}_2$. Gambar 1.9 menunjukkan pengurangan vektor yang dinyatakan oleh persamaan (1.12). Dari gambar tersebut besar vektor v_r dapat dinyatakan dengan

$$v_r = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1 v_2 \cos\theta} \tag{1.13}$$

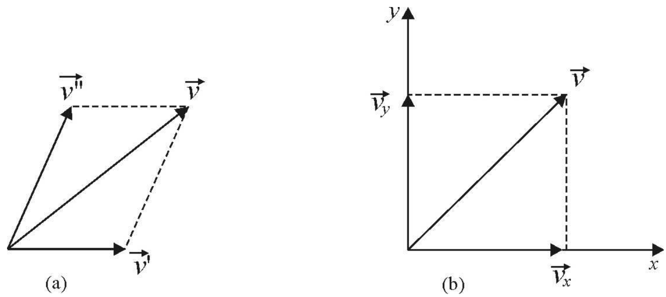
dengan θ adalah sudut antara vektor $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$.



Gambar 1.9.
Pengurangan vektor.

b. Metode Uraian

Kita ketahui bahwa dua buah vektor dapat dijumlahkan dan menghasilkan sebuah vektor baru yang disebut vektor resultan. Secara logika kita dapat menganggap setiap vektor sebagai vektor resultan yang dapat diuraikan ke dalam komponen-komponennya. Gambar 1.10 menunjukkan penguraian sebuah vektor ke dalam komponen-komponennya. Gambar 1.10.a menunjukkan uraian vektor $\vec{v}$ ke dalam komponen-komponennya pada arah sebarang. Vektor $\vec{v}'$ dan $\vec{v}''$ adalah komponen dari vektor $\vec{v}$. Gambar 1.10.b menunjukkan uraian vektor $\vec{v}$ pada sistem koordinat Cartesian dengan $\vec{v}_x$ dan $\vec{v}_y$ masing-masing adalah vektor komponen pada arah sumbu x dan y.



Gambar 1.10.
Uraian vektor. (a) pada sebarang arah, (b) pada arah sumbu x dan y.

Vektor $\vec{v}$ dapat dinyatakan sebagai

$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y \tag{1.14}$$

Jika $\hat{i}$ dan $\hat{j}$ menyatakan vektor-vektor satuan pada arah sumbu x dan y maka komponen vektor $\vec{v}$ dapat kita tuliskan sebagai

$$\vec{v}_x = v_x\,\hat{i} \qquad \text{dan} \qquad \vec{v}_y = v_y\,\hat{j} \tag{1.15}$$

dengan v_x dan v_y masing-masing menyatakan besar vektor $\vec{v}_x$ dan $\vec{v}_y$. Jadi dengan menggunakan vektor satuan dapat kita tuliskan

$$\vec{v} = v_x\,\hat{i} + v_y\,\hat{j} \tag{1.16}$$

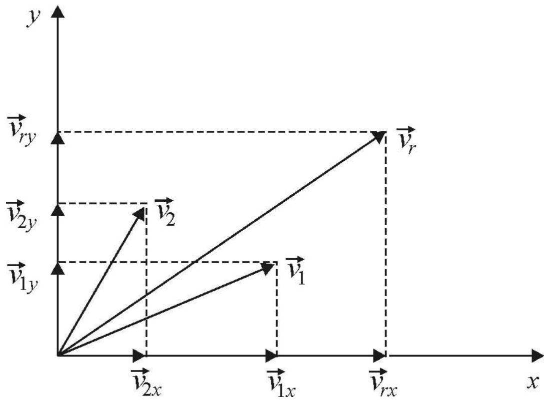
Jika vektor $\vec{v}$ arahnya membentuk sudut θ terhadap sumbu x positif maka besarnya vektor komponen dapat dinyatakan dengan

$$v_x = v\cos\theta \tag{1.17}$$

$$v_y = v\sin\theta \tag{1.18}$$

dengan v adalah besar vektor $\vec{v}$.

Dengan metode uraian kita dapat menjumlahkan beberapa vektor dengan terlebih dahulu menguraikan masing-masing vektor ke dalam komponennya pada arah sumbu x dan y. Sebagai contoh, misalkan kita akan menjumlahkan dua buah vektor $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$, seperti pada Gambar 1.11. Cara menjumlahkannya adalah sebagai berikut.



Gambar 1.11.
Penjumlahan dua buah vektor dengan metode uraian.

i) Uraikan vektor $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$ ke dalam komponennya pada arah sumbu x dan y sehingga kita dapatkan vektor komponen $\vec{v}_{1x}$, $\vec{v}_{1y}$, $\vec{v}_{2x}$ dan $\vec{v}_{2y}$.

ii) Jumlahkan vektor-vektor komponen pada arah sumbu x sehingga dihasilkan vektor resultan pada arah sumbu x.

$$\vec{v}_{rx} = \vec{v}_{1x} + \vec{v}_{2x} \tag{1.19}$$

dengan besar vektor

$$v_{rx} = v_{1x} + v_{2x} \tag{1.20}$$

iii) Jumlahkan vektor-vektor komponen pada arah sumbu y sehingga dihasilkan vektor resultan pada arah sumbu y.

$$\vec{v}_{ry} = \vec{v}_{1y} + \vec{v}_{2y} \tag{1.21}$$

dengan besar vektor

$$v_{ry} = v_{1y} + v_{2y} \tag{1.22}$$

iv) Vektor resultan $\vec{v}_r$ didapat dengan menjumlahkan vektor resultan $\vec{v}_{rx}$ dan $\vec{v}_{ry}$ dengan metode jajaran genjang.

$$\vec{v}_r = \vec{v}_{rx} + \vec{v}_{ry} \tag{1.23}$$

dengan besar vektor

$$v_r = \sqrt{v_{rx}^2 + v_{ry}^2} \tag{1.24}$$

Arah vektor resultan terhadap sumbu x positif adalah

$$\tan\theta_r = \frac{v_{ry}}{v_{rx}} \tag{1.25}$$

atau

$$\theta_r = \tan^{-1}\left(\frac{v_{ry}}{v_{rx}}\right) \tag{1.26}$$

Secara umum, jika kita akan menjumlahkan n buah vektor, misalkan $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3, ..., \vec{v}_n$ maka besar vektor resultan pada arah x dan y dapat dinyatakan dengan

$$v_{rx} = v_{1x} + v_{2x} + ... + v_{nx} = \sum_{i=1}^{n} v_{ix} \tag{1.27}$$

atau

$$v_{ry} = v_{1y} + v_{2y} + ... + v_{ny} = \sum_{i=1}^{n} v_{iy} \tag{1.28}$$

dan besar vektor resultannya dapat dicari dengan menggunakan persamaan (1.24).

***Contoh* 3**

Dua buah vektor yaitu $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$ membentuk sudut θ, dan besar masing-masing vektor adalah v_1 = 4 satuan dan v_2 = 6 satuan. Gambarkan dengan metode jajaran genjang dan tentukan besarnya vektor resultan dari

a. $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$ untuk $\theta = 60^o$ c) $\vec{v}_1 - \vec{v}_2$ untuk $\theta = 60^o$

b. $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$ untuk $\theta = 120^o$ d) $\vec{v}_1 - \vec{v}_2$ untuk $\theta = 120^o$

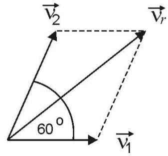
Penyelesaian:

Dengan metode jajaran genjang dapat kita tentukan resultannya sebagai berikut.

a. $v_r = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2\cos\theta}$

$= \sqrt{4^2 + 6^2 + 2(4)(6)\cos 60^{\circ}}$

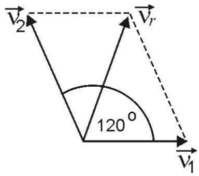
$\approx 8{,}72$ satuan



b. $v_r = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2\cos\theta}$

$= \sqrt{4^2 + 6^2 + 2(4)(6)\cos 120^{\circ}}$

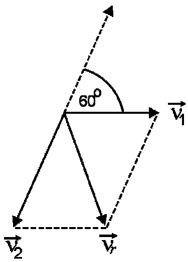
$\approx 5{,}29$ satuan



c. $v_r = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2\cos\theta}$

$= \sqrt{4^2 + 6^2 - 2(4)(6)\cos 60^{\circ}}$

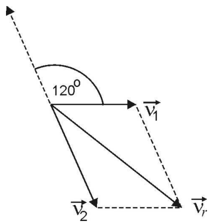
$\approx 5{,}29$ satuan



d. $v_r = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2\cos\theta}$

$= \sqrt{4^2 + 6^2 - 2(4)(6)\cos 120^{\circ}}$

$\simeq 8{,}72$ satuan



***Contoh* 4**

Tiga buah vektor $\vec{v}_1, \vec{v}_2$ dan $\vec{v}_3$, masing-masing membentuk sudut 30°, 120° dan 270° dengan sumbu *x* positif, dan besarnya adalah v_1 = 4 satuan, v_2 = 2 satuan dan v_3 = 5 satuan. Tentukan besar dan arah vektor resultan dengan metode uraian.

Penyelesaian:

Dengan metode uraian kita dapatkan

$v_{1x} = v_1\cos 30^{\circ} = (4)(\tfrac{1}{2}\sqrt{3}) = 2\sqrt{3}$ satuan

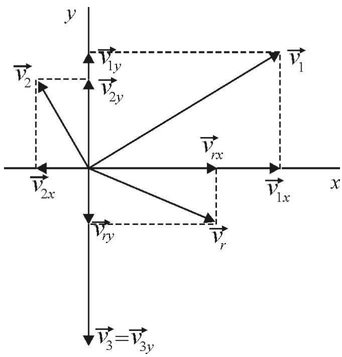
$v_{1y} = v_1\sin 30^{\circ} = (4)(\tfrac{1}{2}) = 2$ satuan

$v_{2x} = v_2\cos 120^{\circ} = (2)(-\tfrac{1}{2}) = -1$ satuan

$v_{2y} = v_2\sin 120^{\circ} = (2)(\tfrac{1}{2}\sqrt{3}) = \sqrt{3}$ satuan

$v_{3x} = v_3\cos 270^{\circ} = (5)(0) = 0$

$v_{3y} = v_3\sin 270^{\circ} = (5)(-1) = -5$ satuan



Besar vektor resultan pada arah *x* dan *y* adalah

$$v_{rx} = v_{1x} + v_{2x} + v_{3x} = 2\sqrt{3} - 1 + 0 \approx 2,46 \text{ satuan}$$
$$v_{ry} = v_{1y} + v_{2y} + v_{3y} = 2 + \sqrt{3} - 5 \approx \text{-}1,27 \text{ satuan}$$

Besar vektor resultannya adalah

$$v_r = \sqrt{v_{rx}^2 + v_{ry}^2} = \sqrt{(2,46)^2 + (\text{-}1,27)^2} = 2,77 \text{ satuan}$$

Arah vektor resultan (terhadap sumbu *x* positif) adalah

$$\tan\theta = \frac{v_{ry}}{v_{rx}} = \frac{\text{-}1,27}{2,46} \approx -0,52$$
$$\theta \approx \tan^{-1}(\text{-}0,52) \approx -27,3^{\circ} \approx 332,7^{\circ}$$

***Contoh* 5**

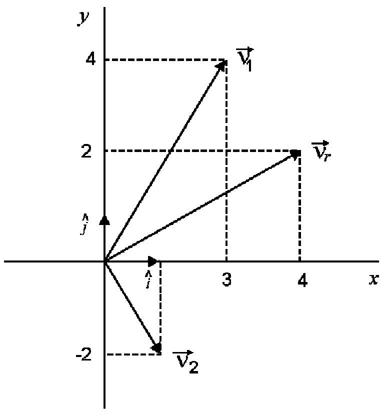
Dua buah vektor pada sistem koordinat Cartesian dinyatakan dengan

$$v_1 = 3\hat{i} + 4\hat{j} \quad \text{dan} \quad v_2 = \hat{i} - 2\hat{j}$$

Tentukan vektor resultan dari $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$ dalam vektor satuan $\hat{i}$ dan $\hat{j}$.

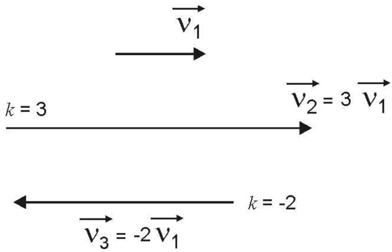
Penyelesaian:

$$v_1 = 3\hat{i} + 4\hat{j} \quad \Rightarrow \quad v_{1x} = 3 \ , v_{1y} = 4$$
$$v_2 = \hat{i} - 2\hat{j} \quad \Rightarrow \quad v_{2x} = 1 \ , v_{2y} = -2$$
$$v_{rx} = v_{1x} + v_{2x} = 3 + 1 = 4$$
$$v_{ry} = v_{1y} + v_{2y} = 4 - 2 = 2$$
$$\vec{v}_r = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 = v_{rx}\,\hat{i} + v_{ry}\,\hat{j} = 4\hat{i} + 2\hat{j}$$



4. Perkalian Vektor

Perkalian vektor yang sudah kita kenal dari pembahasan sebelumnya adalah perkalian vektor dengan skalar. Suatu vektor $\vec{v}_1$ jika dikalikan dengan skalar k akan menghasilkan vektor baru, misalkan $\vec{v}_2$, yang panjangnya (besarnya) k kali panjang vektor $\vec{v}_1$, dan arahnya sama dengan arah $\vec{v}_1$ jika k positif, atau berlawanan dengan arah $\vec{v}_1$ jika k negatif. Gambar 1.12 menunjukkan contoh perkalian vektor dengan skalar.



Gambar 1.12.
Perkalian vektor dengan skalar.

Selain perkalian vektor dengan skalar, dalam perkalian vektor juga dikenal perkalian antara vektor dan vektor. Ada dua macam perkalian vektor dengan vektor, yaitu perkalian titik (*dot product*) dan perkalian silang (*cross product*). Perkalian titik menghasilkan suatu skalar, dan karena itu perkalian ini disebut juga produk skalar (*scalar product*). Perkalian silang menghasilkan vektor baru dan karenanya perkalian ini disebut juga produk vektor (*vector product*).

Perkalian titik antara dua buah vektor $\vec{A}$ dan $\vec{B}$ didefinisikan sebagai

$$\vec{A} \bullet \vec{B} = AB \cos\theta \tag{1.29}$$

dengan A dan B adalah besar masing-masing vektor, dan θ adalah sudut yang dibentuk oleh kedua vektor.

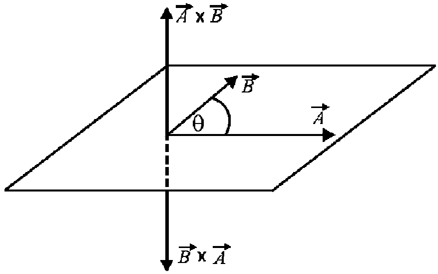
Perkalian silang antara $\vec{A}$ dan $\vec{B}$ didefinisikan sebagai

$$\vec{A} \times \vec{B} = AB \sin\theta \; \hat{k} \tag{1.30a}$$

dengan $\hat{k}$ adalah vektor satuan yang arahnya tegak lurus bidang yang dibentuk oleh vektor $\vec{A}$ dan $\vec{B}$.

Besar vektor $\vec{A}\times \vec{B}$ adalah

$$\left| \vec{A}\times \vec{B} \right| = AB \sin\theta \qquad (1.30b)$$

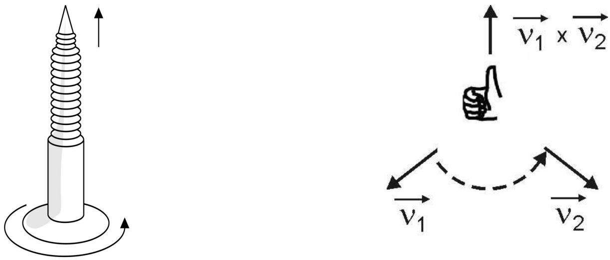


Gambar 1.13.
Perkalian silang antara dua vektor.

Gambar 1.13 menunjukkan perkalian silang antara dua vektor. Dalam menentukan arah $\vec{A}\times \vec{B}$ atau $\vec{B}\times\vec{A}$ dipergunakan *aturan sekrup kanan* atau *aturan tangan kanan*. Dengan aturan sekrup kanan perkalian silang diandaikan dengan pemasangan sekrup. Jika sekrup kita putar ke kanan maka sekrup akan bergerak maju. Perkalian silang $\vec{A}\times \vec{B}$ diandaikan sebagai perputaran ke kanan vektor $\vec{A}$ ke vektor $\vec{B}$ sehingga $\vec{A}\times \vec{B}$ seperti arah gerak sekrup jika diputar ke kanan. Analogi ini digambarkan seperti pada Gambar 1.14a. Aturan tangan kanan pada prinsipnya sama dengan aturan sekrup kanan. Dengan posisi tangan kanan seperti pada Gambar 1.14b, di mana perkalian silang digambarkan sebagai gerak mengepal jari-jari tangan (kecuali ibu jari), sedangkan arah ibu jari menunjukkan arah vektor hasil perkalian silangnya. Dari Gambar 1.13 dan Gambar 1.14 kita ketahui bahwa arah vektor $\vec{A}\times \vec{B}$ berlawanan dengan arah $\vec{B}\times \vec{A}$, atau kita tuliskan

$$\vec{A}\times\vec{B} = -\vec{B}\times \vec{A} \qquad (1.31)$$

sedangkan besar vektornya sama, yaitu AB sin θ, di mana θ adalah sudut antara vektor $\vec{A}\times \vec{B}$.



(a) (b)

Gambar 1.14.
Aturan perkalian silang. (a) aturan sekrup kanan (b) aturan tangan kanan.

***Contoh* 6**

Dua buah vektor, yaitu $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$ masing-masing besarnya 2 satuan dan 3 satuan, dan keduanya membentuk sudut 60^o.

a. Tentukan besarnya $\vec{v}_1 \bullet \vec{v}_2$

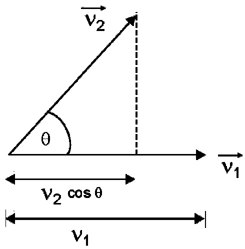
b. Tentukan besar dan arah dari $\vec{v}_1 \times \vec{v}_2$

Penyelesaian:

Dari soal diketahui v_1 = 2 satuan, v_2 = 3 satuan dan $\theta = 60^o$.

a. Kita pergunakan persamaan (1.29):

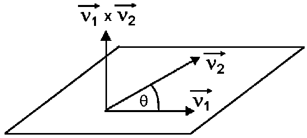
$$\vec{v}_1 \bullet \vec{v}_2 = v_1 v_2 \cos\theta$$
$$= (2)(3) \cos 60^o = 3 \text{ satuan}$$



b. Kita pergunakan persamaan (1.30):

$$\vec{v}_1 \times \vec{v}_2 = v_1 v_2 \sin\theta \; \hat{k}$$
$$= (2)(3) \cos 60^o \, \hat{k} = 3\sqrt{3} \, \hat{k}$$

Arah $\vec{v}_1 \times \vec{v}_2$ (arah $\hat{k}$) adalah seperti pada gambar.



***Contoh* 7**

Besar vektor hasil perkalian titik dan perkalian silang antara dua vektor $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$ adalah sebagai berikut.

$$\vec{v}_1 \bullet \vec{v}_2 = 3 \text{ satuan}$$
$$|\vec{v}_1 \times \vec{v}_2| = 2 \text{ satuan}$$

Tentukan besarnya sudut antara kedua vektor tersebut.

Penyelesaian:
Dari persamaan (1.29) dan (1.30) dapat kita tuliskan

$$\vec{v}_1 \bullet \vec{v}_2 = v_1 v_2 \cos\theta = 3$$
$$|\vec{v}_1 \times \vec{v}_2| = v_1 v_2 \sin\theta = 2$$

Dengan membagi kedua persamaan ini kita dapatkan

$$\frac{|\vec{v}_1 \times \vec{v}_2|}{\vec{v}_1 \bullet \vec{v}_2} = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta = \frac{2}{3} \quad \Rightarrow \quad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\right) = 33,69^{o}$$

Dalam operasi penjumlahan vektor, di mana vektor-vektornya merepresentasikan besaran fisika maka hanya vektor-vektor yang sejenis yang dapat dijumlahkan, misalkan antara sesama vektor kecepatan, sesama vektor gaya, dan seterusnya. Dalam operasi perkalian vektor kita dapat mengalikan dua buah vektor yang sejenis maupun yang tidak sejenis. Sebagai contoh kita dapat mengalikan dua buah vektor panjang sehingga menghasilkan vektor luas, atau kita dapat mengalikan vektor panjang/jarak ($\vec{r}$) dengan vektor gaya ($\vec{F}$) dengan perkalian silang sehingga menghasilkan vektor momen gaya ($\vec{\tau}$), atau dengan perkalian titik sehingga menghasilkan besaran skalar yaitu kerja (W). Contoh perkaliannya adalah berikut ini.

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = r\,F \sin\theta\,\hat{k}$$
$$W = \vec{r} \bullet \vec{F} = r\,F \cos\theta$$

dengan θ adalah sudut antara vektor $\vec{r}$ dan $\vec{F}$.

LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1) Berapakah faktor konversi dari sentimeter kubik (cm^3) ke inci kubik (in^3) jika diketahui 1 cm = 0,3937 in. Berapakah faktor konversinya jika kita akan mengkonversi dari in^3 ke cm^3?
2) Besaran gaya didefinisikan sebagai perkalian antara massa dan percepatan. Tentukan dimensi gaya!
3) Sebuah balok mempunyai ukuran panjang 16 cm, lebar 4 cm dan tebal 1 cm, dan massanya 200 g. Tentukan massa jenis balok dalam sistem cgs dan SI.
4) Diketahui dua vektor $\vec{A}$ dan $\vec{B}$ dengan besar vektor A = 3 satuan dan B = 5 satuan. Kedua vektor membentuk sudut 30^o.
   Tentukan:
   a. $\vec{A}+\vec{B}$ c. $\vec{B}+\vec{A}$
   b. $\vec{A}-\vec{B}$ d. $\vec{B}-\vec{A}$
   dengan metode jajaran genjang dan tentukan besar vektornya.
5) Dua buah vektor $\vec{v}_1$ dan $\vec{v}_2$ membentuk sudut 45^o dan besar masing-masing vektor v_1 = 3 satuan dan v_2 = 4 satuan.
   a. Tentukan besarnya $\vec{v}_1 \bullet \vec{v}_2$
   b. Tentukan besar dan arah dari $\vec{v}_1 \times \vec{v}_2$

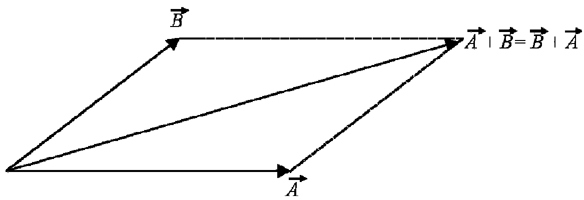
Petunjuk Jawaban Latihan

1) 1 cm = 0,3937 in
   1 cm^3 = $(0,3937)^3$ in^3 = ... in^3
   $$1 \text{ in} = \frac{1}{0,3937} \text{ cm}$$
   $$1 \text{ in}^3 = \left(\frac{1}{0,3937}\right)^3 \text{ cm}^3 = \ldots \text{ cm}^3$$
2) $[F]=[m][a]=[m][l][t]^{-2}$

3) $V = (16 \times 4 \times 1)\ \text{cm}^3 = 64\ \text{cm}^3$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{200}{64}\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \ldots\frac{\text{g}}{\text{cm}}$$

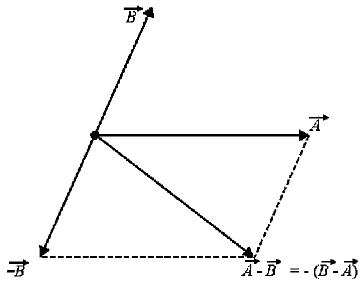
4) a.



$$\left|\vec{A}+\vec{B}\right| = \left|\vec{B}+\vec{A}\right|$$
$$= \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\ \text{Cos}\,30^{\text{o}}}$$
$$= \sqrt{5^2 + 3^2 + 2.3.5\ \text{Cos}\,30^{\text{o}}}$$
$$= \ldots$$

b.

$$\vec{A} - \vec{B} = -\left(\vec{B} - \vec{A}\right) = \ldots$$
$$= \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\ \text{Cos}\,30^{\text{o}}}$$
$$= \sqrt{5^2 + 3^2 - 2.5.3\ \text{Cos}\,30^{\text{o}}}$$
$$= \ldots$$



RANGKUMAN

Besaran adalah sifat kuantitatif dari suatu benda/sistem. Dalam mekanika dikenal tiga besaran dasar, yaitu panjang, massa, dan waktu. Besaran lainnya merupakan turunan dari besaran-besaran dasar tersebut.

Dimensi adalah cara menyatakan besaran ke dalam besaran dasarnya.

Satuan adalah ukuran dari besaran. Satuan besaran dasar menurut SI adalah kilogram (kg) untuk satuan massa, meter (m) untuk satuan panjang dan detik (s) untuk satuan waktu.

Besaran skalar adalah besaran yang hanya mempunyai besar dan tidak mempunyai arah. Besaran vektor adalah besaran yang mempunyai besar dan arah.

Besaran-besaran vektor dapat dijumlahkan dengan menggunakan metode jajaran genjang maupun dengan metode uraian. Dua buah vektor dapat dikalikan dengan perkalian titik (*dot product*) dan perkalian silang (*cross product*). Perkalian titik menghasilkan sebuah besaran skalar, dan perkalian silang menghasilkan sebuah vektor baru dengan arah ⊥ kedua vektor asal.

TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1) Massa jenis adalah massa per satuan volume. Dimensi dari massa jenis adalah ….
   A. $[m][l]^2$
   B. $[m][l]^3$
   C. $[m][l]^{-2}$
   D. $[m][l]^{-3}$

2) Sebuah papan mempunyai ukuran panjang 4 m, lebar 30 cm dan tebal 25 mm. Volume papan tersebut adalah ….
   A. 3 m^3
   B. 0,3 m^3
   C. 0,03 m^3
   D. 0,003 m^3

3) Dua buah vektor besarnya masing-masing 2 satuan dan 3 satuan. Jika kedua vektor dijumlahkan dihasilkan vektor resultan yang besarnya 4 satuan. Besarnya sudut antara kedua vektor adalah ….
   A. $75,5^o$
   B. $65,5^o$
   C. $15,5^o$
   D. $45,5^o$

4) Dua buah vektor besarnya masing-masing 4 satuan dan 6 satuan, dan masing-masing membentuk sudut 30^o dan 60^o terhadap sumbu x positif

pada sistem koordinat Cartesian. Jika kedua vektor dijumlahkan dengan cara uraian maka komponen resultan pada arah-*x* besarnya ….
A. $2+3\sqrt{3}$ satuan
B. $2+3\sqrt{2}$ satuan
C. $3+2\sqrt{3}$ satuan
D. $3+2\sqrt{2}$ satuan

5) Dari soal Nomor 4, komponen resultan pada arah-*y* besarnya ….
A. $2+3\sqrt{3}$ satuan
B. $2+3\sqrt{2}$ satuan
C. $3+2\sqrt{3}$ satuan
D. $3+2\sqrt{2}$ satuan

6) Dari soal Nomor 4, besarnya vektor resultan adalah ….
A. 9,72 satuan
B. 7,93 satuan
C. 5,28 satuan
D. 3,92 satuan

7) Dua buah vektor besarnya masing-masing 4 satuan dan 5 satuan, dan keduanya membentuk sudut 60^o. Hasil perkalian titik kedua vektor tersebut adalah ….
A. 20 satuan
B. $20\sqrt{3}$ satuan
C. 10 satuan
D. $10\sqrt{3}$ satuan

8) Dari soal Nomor 7, hasil perkalian silang kedua vektor besarnya ….
A. 20 satuan
B. $20\sqrt{3}$ satuan
C. 10 satuan
D. $10\sqrt{3}$ satuan

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1
1) B
2) A
3) D
4) C
5) B

Tes Formatif 2
1) D
2) C
3) A
4) C
5) A
6) A
7) C
8) D

Daftar Pustaka

Cromer, A.H. (1981). *Physics for the life science.* (*Second Edition*). International Student Edition.

Giancoli, D.C. (1985). *Physics: Principles with applications*. (*Fourth Edition*). New Jersey: Prentice-Hall International.

Marion, J.B. (1979). *General physics with bioscience essay*. John Wiley & Sons.

Marion, J.B., & Hornyak, W.F. (1984). *Principles of physics*. Student College Publishing.

O'Dwyer, J.J. (1984). *College physics* (*Second Edition*). Wadsworth Publishing Company.

Serway, R.A. (1981). *Physics for scientist and engineers.* (*Second Edition*). Saunders College Publishing.