

# I BESARAN, SATUAN DAN VEKTOR

Tujuan umum perkuliahan yang dicapai setelah mempelajari bab ini adalah pemahaman dan kemampuan menganalisis serta mengaplikasikan konsep-konsep besaran satuan dan vektor pada kehidupan sehari-hari maupun pada bidang teknologi.

setelah mempelajari bab ini mahasiswa diharapkan mampu:

1. menjelaskan definisi besaran,
2. menjelaskan definisi satuan,
3. mengkonverssikan sistem satuan satu ke sistem satuan lainnya,
4. memahami kegunaan dimensi,
5. membedakan besaran skalar dan vektor,
6. memahami kesamaan antara dua vektor,
7. menjumlahkan dan mengurangi vektor secara analitis dan geometris,
8. menentukan hasil perkalian titik antara dua vektor, dan
9. menentukan hasil perkalian silang antara dua vektor.

## 1.1 Pendahuluan

Pemahaman mengenai besaran, satuan dan vektor merupakan modal dasar yang harus dikuasai mahasiswa untuk memahami fisika secara menyeluruh, karena pembentuk utama konsep dan hukum fisika adalah besaran-besaran fisis yang memiliki satuan. Pengkajian mengenai besaran fisis diperlukan ketika besaran tersebut bertindak sebagai besaran skalar maupun besaran vektor.

Fisika adalah salah satu ilmu yang mendasari ilmu pengetahuan lainnya. Misalnya, insinyur dalam bidang ilmu rekayasa dan teknologi dapat merancang mobil berkecepatan tinggi karena telah memperhitungkan prinsip-prinsip dasar fisika yang berpengaruh terhadap mobil tersebut, diantaranya gaya hambat udara dan pusat massa mobil. Selain itu, fisika juga merupakan sebuah ilmu yang menantang untuk dikaji. Kita dapat menemukan kepuasan jawaban dari berbagai fenomena alam melalui ilmu fisika. Sebagai contoh, mengapa langit berwarna biru, mengapa ada pelangi setelah hujan turun, mengapa kita dapat menangkap siaran televisi di rumah, padahal stasiun pemancarnya berada jauh di negara lain, bagaimana sebuah roket menghasilkan gaya dorong padahal tidak ada udara yang melawan dorongannya di luar angkasa, dan sebagainya. Tetapi kadang-kadang kita merasa frustrasi ketika mempelajari fisika. Ada beberapa bagian ilmu fisika yang sulit dipelajari, misalnya ilmu tentang mekanika kuantum yang mendeskripsikan kelakuan atom-atom memerlukan pemahaman matematika tingkat tinggi. Banyak mahasiswa yang tidak sanggup mempelajari hal ini. Di atas semua kesulitan itu, kita dapat melihat bahwa fisika merupakan ilmu yang sangat bermanfaat untuk memahami semua fenomena alam dan untuk membantu manusia menciptakan peralatan teknis yang dapat mempermudah pekerjaannya. Berdasarkan hal-hal itulah, meskipun ada bagian ilmu fisika yang cukup sulit, akhirnya kita merasa perlu untuk mempelajari fisika.

## 1.2 Besaran dan Satuan

Sebagian besar teori dan hukum fisika terbentuk karena adanya fenomena alam. Fenomena tersebut diamati kelakuannya melalui sebuah percobaan. Percobaan biasanya dilakukan melalui pengukuran, dan hasil pengukuran biasanya dinyatakan dengan angka atau bilangan. Setiap bilangan yang mendeskripsikan fenomena fisika secara kuantitatif disebut **besaran fisika** (*physical quantity*). Besaran tersebut di antaranya adalah panjang, massa, waktu, kecepatan, percepatan, gaya, tekanan, dan masih banyak lagi lainnya. Besaran-besaran ini dikatakan telah terdefinisi jika telah ditetapkan cara untuk mengukur besaran

tersebut dan telah ditetapkan pula satuannya. Kita harus menyatakan panjang sebuah mobil dengan **4,29 m**, dengan 4,29 adalah bilangannya dan m (meter) adalah satuannya. Jika kita menyatakan panjang sebuah mobil hanya dengan menuliskan "4,29", maka angka 4,29 ini menjadi tidak memberikan arti apa-apa. Ada beberapa besaran fisika yang sangat mendasar. Kita dapat mendeskripsikannya hanya dengan bagaimana cara mengukur besaran tersebut. Misalnya kita mengukur panjang sebuah meja dengan mistar dan mengukur waktu yang diperlukan untuk menempuh sebuah jarak dengan *stopwatch*. Besaran yang diukur dengan cara demikian disebut **besaran pokok**. Tetapi ada pula besaran lain yang dapat diukur dengan mendeskripsikan bagaimana menghitungnya dari hubungan beberapa beberapa besaran pokok. Misalnya kita dapat menghitung laju rata-rata sebuah mobil yang bergerak sebagai jarak yang ditempuh oleh mobil itu (diukur dengan mistar) dibagi dengan waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak itu (diukur dengan *stopwatch*). Besaran yang diukur dengan cara demikian disebut **besaran turunan**.

### 1.3 Sistem Satuan

Dewasa ini ada beberapa sistem satuan yang digunakan dalam dunia ilmu pengetahuan/teknik, di antaranya: sistem SI (*Le Systeme International d'Unites* = Sistem Internasional untuk satuan), sistem gravitasi Inggris (*British Gravitational (BG) system*), sistem teknik Inggris (*English Engineering (EE) system*), sistem elektrostatik ( $esu = electrostatic units$ ), sistem elektromagnetik ( $emu = electromagnetic units$ ) dan Gaussian. Sistem satuan BG dan EE masih banyak digunakan oleh negara Amerika dan Inggris dan pada bidang keteknikan. Sistem BG dan EE hanya dipakai dalam mekanika dan termodinamika; Sedangkan sistem satuan yang banyak digunakan dalam literatur fisika untuk menyatakan besaran fisika yang sangat kecil, misalnya satuan-satuan dalam kelistrikan dan kemagnetan adalah sistem satuan Gaussian,  $esu$ , dan  $emu$ . Pada buku ini, sistem yang digunakan sebagian besar adalah SI, tetapi untuk memperkaya khasanah

pengetahuan kita, sedikit sistem satuan BG dan EE masih digunakan dalam beberapa contoh soal.

### 1.3.1 Sistem Satuan Internasional (SI)

1. Sistem satuan SI dibuat untuk mengatasi keragaman sistem satuan yang telah ada. Sistem SI diresmikan penggunaannya secara internasional pada tahun 1960, pada Konferensi Umum mengenai Penimbangan dan Pengukuran ke-11, suatu organisasi internasional yang bertanggung jawab dalam memelihara standar-standar seragam yang akurat dari pengukuran, di Perancis.

SI memiliki tujuh besaran pokok dan dua besaran tambahan yang tidak berdimensi. Besaran pokok dan besaran tambahan dalam SI ditunjukkan pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Besaran pokok dan Besaran Tambahan SI

No.	Besaran	Satuan	Lambang satuan	Dimensi
1	Panjang	meter	m	L
2	Massa	kilogram	kg	M
3	Waktu	sekon	s	T
4	Temperatur termodinamika	kelvin	K	$\theta$
5	Kuat arus	ampere	A	I
6	Intensitas cahaya	kandela	Cd	J
7	Jumlah zat	mole	mol	n
8	Sudut datar	radian	rad	-
9	Sudut ruang	steradian	sr	-

### 1.3.2 Sistem Satuan Gravitasi Inggris (BG/ British Gravitational Units)

Sistem satuan BG menggunakan satuan dasar panjang (*foot* = ft), gaya (*pound* = lb), waktu (*second* = s), dan satuan temperatur dalam derajat Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) atau derajat Rankine ( $^{\circ}\text{R}$ ). Satuan massa yang dinyatakan dalam *slug*, didefinisikan dari hukum kedua Newton (gaya = massa x percepatan,  $F = ma$ ), yaitu:

$$1 \text{ lb} = (1 \text{ slug}) \times (1 \text{ ft/s}^2)$$

Hubungan ini mengindikasikan bahwa gaya sebesar 1 lb yang diberikan pada massa 1 *slug* akan menghasilkan percepatan sebesar 1 ft/s<sup>2</sup>. Berat dari sebuah benda (W) yang merupakan gaya karena percepatan gravitasi dinyatakan oleh persamaan:

$$W \text{ (lb)} = m \text{ (slug)} g \text{ (ft/s}^2\text{)}$$

Melalui persamaan ini dengan mengambil nilai percepatan gravitasi standar (di permukaan bumi) sebesar 32,174 ft/s<sup>2</sup>, diperoleh bahwa bahwa massa sebesar 1 slug akan memiliki berat sebesar 32,174 ft/s<sup>2</sup>.

### 1.3.2 Sistem Satuan Teknik Inggris (EE/ English Engineering Units)

Di dalam sistem EE, satuan-satuan untuk gaya dan massa didefinisikan dengan cara yang berbeda seperti pada penentuan gaya dan massa pada sistem SI maupun BG, sehingga harus diperhatikan secara serius ketika kita mendefinisikan massa dan gaya dalam sistem EE dalam kaitannya dengan hukum kedua Newton. Satuan untuk massa adalah pound massa (lbm) sedangkan satuan untuk gaya adalah pound (lb) atau sering juga dinyatakan dalam pound gaya (lbf). Agar hukum kedua Newton memiliki dimensi yang homogen (memiliki satuan yang konsisten), maka hukum tersebut dituliskan sebagai:

$$F = \frac{ma}{g_c} \tag{1.1}$$

dengan  $g_c$  adalah konstanta kesebandingan yang memungkinkan kita untuk mendefinisikan satuan-satuan gaya dan massa. Untuk sistem BG, satuan gaya (lb) ditetapkan terlebih dahulu dan satuan massa (*slug*) ditetapkan kemudian dengan cara yang konsisten, sedemikian sehingga  $g_c = 1$ . Demikian halnya dengan sistem SI, satuan massa (kg) ditetapkan terlebih dahulu dan satuan gaya (N) ditetapkan

kemudian dengan cara yang konsisten, sedemikian sehingga  $g_c = 1$ . Berbeda dengan SI dan BG, untuk sistem EE, gaya 1 lb didefinisikan sebagai gaya yang diberikan pada massa 1 lbm akan memiliki percepatan gravitasi standar sebesar  $32,174 \text{ ft/s}^2$ . Jadi, agar persamaan 1.1 memiliki dimensi yang homogen, maka:

$$1lb = \frac{(1lbm)(32,174 \text{ ft/s}^2)}{g_c}$$

sehingga:

$$g_c = \frac{(1lbm)(32,174 \text{ ft/s}^2)}{1lb} = 32,174 \text{ lbmft/s}^2 \text{ lb}$$

Dengan sistem EE, berat dan massa didefinisikan melalui persamaan:

$$W = \frac{mg}{g_c} \tag{1.2}$$

Di bawah kondisi gravitasi standar, dengan  $g = 32,174 \text{ ft/s}^2$ , maka  $g = g_c$ . Dengan demikian melalui persamaan (1.2), berat dan massa secara numerik memiliki harga yang sama. Kita sering menjumpai bahwa berat (gaya) sebuah benda dinyatakan sebesar 1 kg, padahal menurut sistem satuan SI kg adalah satuan untuk menyatakan massa. Untuk kasus yang seperti ini, mahasiswa tidak perlu bingung, karena dengan pengetahuan tentang sistem satuan EE berat dan massa memiliki satuan yang sama.

## 1.4 Dimensi

Dimensi adalah suatu cara untuk memberikan gambaran secara kualitatif dari besaran-besaran fisika. Dimensi suatu besaran menunjukkan cara besaran itu tersusun oleh besaran-besaran pokok. Dimensi dari besaran pokok dan tambahan dalam SI telah ditunjukkan dalam tabel 1.1. Kegunaan dimensi ada dua, yaitu:

- mengungkapkan adanya kesetaraan antara dua besaran yang secara sepintas kelihatan berbeda,
- menyatakan tepat atau tidak tepatnya suatu persamaan/rumus yang merupakan hubungan dari berbagai besaran fisika. Rumus fisika yang benar haruslah memuat dimensi yang sama pada kedua ruasnya.

Seluruh persamaan yang diturunkan secara teoritis harus memiliki dimensi yang homogen. Artinya, dimensi di ruas kiri persamaan haruslah sama dengan dimensi di ruas kanan persamaan, dan seluruh suku-suku yang terpisah harus memiliki dimensi yang sama, seperti contoh untuk persamaan kecepatan di atas. Jika hal ini tidak terpenuhi, maka kita harus mencoba untuk mempersamakan atau menambahkan besaran-besaran fisis yang tidak sama sehingga semua suku dalam persamaan tersebut memiliki dimensi yang sama.

## **1.5 Vektor**

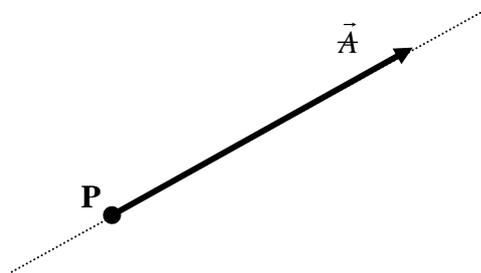
### **1.5.1 Vektor dan Skalar**

Ada beberapa besaran fisis tertentu selain harus dinyatakan dengan besarnya (nilainya) juga harus dinyatakan dengan arahnya. Contohnya adalah besaran kecepatan, percepatan, gaya, impuls, momentum dan sebagainya. Jika kita ingin menyatakan kecepatan angin, kecepatan itu tidak dapat hanya dinyatakan dengan nilainya tetapi harus dengan arahnya. Misalnya angin yang mengenai sebuah bangunan bertiup dengan kecepatan 10 m/s ke arah Timur. Besaran-besaran yang harus dinyatakan dengan nilai dan arah dinamakan besaran vektor. Banyak kaidah Fisika yang dapat dinyatakan secara terperinci jika menggunakan vektor. Penurunannya pun seringkali tampak menjadi lebih sederhana. Ada juga besaran-besaran fisis lain yang tidak mempunyai arah tetapi hanya mempunyai besar. Contohnya adalah temperatur, volume, panjang, usaha, energi dan sebagainya. Besaran-besaran ini dinamakan besaran skalar. Kita tidak perlu menyatakan panjang sebuah mobil adalah 3 m ke arah timur, cukup bahwa panjang sebuah mobil adalah 3 m.

### 1.5.2 Representasi Vektor

Besaran vektor biasa dituliskan dengan huruf tebal **A** atau dengan huruf biasa yang diberi tanda panah di atasnya,  $\vec{A}$ . Besar atau nilai vektor dinyatakan dengan  $|\vec{A}|$  atau cukup A saja. Nilai vektor adalah skalar dan tidak pernah negatif. Tanda negatif dari sebuah vektor hanya menunjukkan bahwa vektor tersebut berlawanan arah dengan suatu vektor yang lain.

Vektor dapat direpresentasikan secara grafis dengan menggunakan anak panah. Arah anak panah menyatakan arah vektor tersebut, dan panjang anak panah sebanding (dapat menggunakan skala) dengan nilai vektornya. Titik pangkal vektor (P) disebut titik tangkap vektor, dan garis yang berimpit dengan vektor disebut garis kerja vektor. Garis kerja vektor memiliki fungsi untuk keperluan analisis, yaitu suatu vektor dapat pindah sepanjang garis kerjanya dengan panjang dan arah yang sama.



Gambar 1.4 Vektor  $\vec{A}$  dan garis kerjanya

Vektor dapat juga direpresentasikan secara analitis dengan menyebutkan nilainya dan arahnya. Misalnya vektor kecepatan angin besarnya 0,8 m/s ke arah barat, atau gaya  $\vec{F} = 100$  newton membentuk sudut  $60^\circ$  terhadap garis horizontal.

Cara lain menyatakan vektor adalah dengan menggunakan komponen dalam sistem ordinat tertentu. Misalkan ada tiga buah sumbu ordinat yang saling tegak lurus yang berpangkal pada titik tangkap vektor, sebut saja sumbu x, sumbu y dan sumbu z. Proyeksi vektor  $\vec{A}$  dalam arah sumbu x disebut  $A_x$  dalam arah sumbu y,

$A_y$  , dan dalam arah sumbu z,  $A_z$ . Ketiga proyeksi ini  $A_x$ ,  $A_y$ , dan  $A_z$  disebut komponen vektor  $\vec{A}$ . Dalam notasi ini  $\vec{A}$  dapat dituliskan sebagai pasangan terurut ketiga komponennya,

$$\vec{A} = (A_x, A_y, A_z)$$

atau  $\vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}$  (1.3)

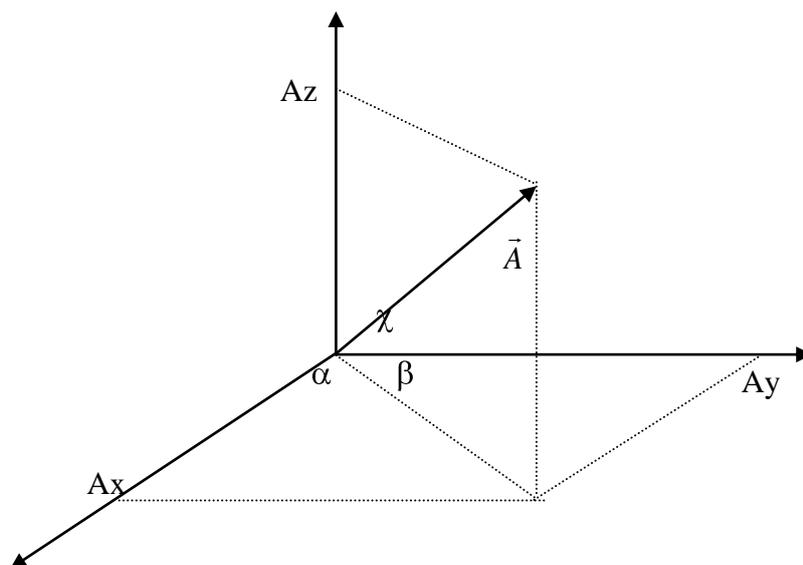
dengan  $\hat{i}$ ,  $\hat{j}$  dan  $\hat{k}$  berturut-turut adalah vektor yang panjangnya satu dalam arah x, y dan z.  $\hat{i}$ ,  $\hat{j}$  dan  $\hat{k}$  disebut sebagai vektor satuan.

Panjang vektor  $\vec{A}$  dapat dituliskan sebagai

$$|\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$
 (1.4)

Arahnya diwakili oleh sudut yang dibentuk oleh  $\vec{A}$  dengan ketiga sudut koordinat,

$$\cos \alpha = \frac{A_x}{A} ; \cos \beta = \frac{A_y}{A} ; \cos \gamma = \frac{A_z}{A}$$
 (1.5)



Gambar 1.5 Vektor  $\vec{A}$  dan komponen-komponennya

### 1.5.3 Operasi Dasar Vektor

#### 1.5.3.1 Kesamaan

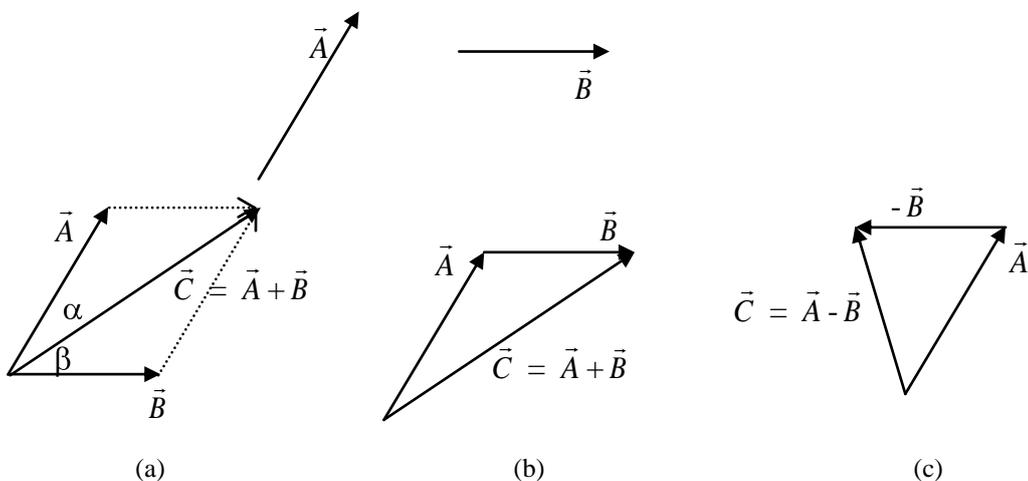
Vektor  $\vec{A}$  dikatakan sama dengan vektor  $\vec{B}$  jika besar dan arahnya sama. Titik tangkap dan garis kerjanya tidak harus sama. Dalam notasi komponen, kedua vektor dinyatakan sama jika ketiga komponennya sama,

$$\vec{A} = \vec{B} \Leftrightarrow A_x = B_x, A_y = B_y, A_z = B_z \quad (1.6)$$

#### 1.5.3.2 Penjumlahan dan Pengurangan Vektor

Jumlah atau resultan vektor  $\vec{A}$  dan  $\vec{B}$  adalah sebuah vektor  $\vec{C}$  yang diperoleh lewat aturan jajaran genjang (gambar 1.4a). Cara yang lain adalah dengan aturan poligon, yaitu dengan menempatkan vektor  $\vec{B}$  di ujung vektor  $\vec{A}$ , lalu pangkal vektor  $\vec{A}$  dihubungkan dengan ujung vektor  $\vec{B}$  dan vektor  $\vec{C}$  diperoleh dengan menarik garis lurus dari pangkal vektor  $\vec{A}$  ke ujung vektor  $\vec{B}$  (gambar 1.4b). Jumlah ini dituliskan sebagai  $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$ .

Selisih dua buah vektor didefinisikan sebagai  $\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$ . Caranya adalah dengan menjumlahkan vektor  $\vec{A}$  dengan negatif vektor  $\vec{B}$  yang arahnya berlawanan dengan vektor  $\vec{B}$  (gambar 1.4c).



Gambar 1.6 Jumlah dan selisih vektor

Panjang resultan vektor  $\vec{C} = \vec{A} \mp \vec{B}$  dapat diperoleh melalui aturan cosinus berikut ini:

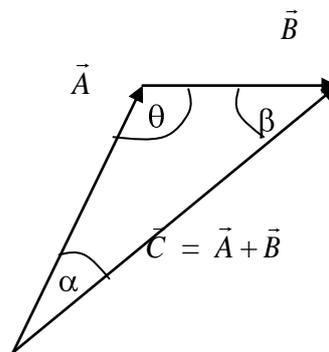
$$C = |\vec{C}| = \sqrt{A^2 + B^2 \pm 2AB \cos \theta} \quad (1.9)$$

dengan  $\theta$  adalah sudut yang diapit oleh vektor  $\vec{A}$  dan vektor  $\vec{B}$ . Arah vektor  $\vec{C}$  terhadap salah satu vektor  $\vec{A}$  atau  $\vec{B}$  dapat dicari dari aturan sinus berikut ini:

$$\frac{C}{\sin \theta} = \frac{A}{\sin \beta} = \frac{B}{\sin \alpha} \quad (1.10)$$

dengan  $\alpha$  adalah sudut apit antara  $\vec{A}$  dan  $\vec{C}$ , dan  $\beta$  adalah sudut apit antara  $\vec{B}$  dan  $\vec{C}$ . Jika dituliskan dalam komponen, maka untuk  $\vec{C} = \vec{A} \pm \vec{B}$ , didapatkan:

$$C_x = A_x \pm B_x; \quad C_y = A_y \pm B_y; \quad C_z = A_z \pm B_z; \quad (1.11)$$



Gambar 1.7 Aturan sinus dan cosinus dalam penjumlahan vektor

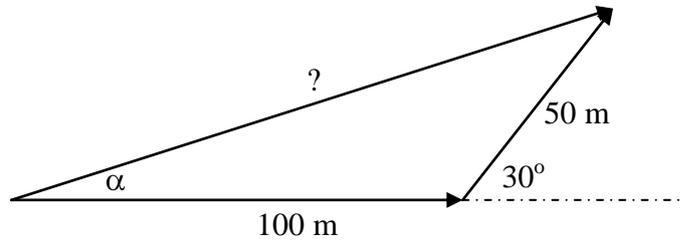
### contoh soal 1.2



Seekor harimau hendak menangkap kelinci. Harimau itu berlari menempuh jarak 100 m ke arah timur kemudian harus berbelok ke arah utara sejauh 50 m dan membentuk sudut  $30^\circ$ , sebelum akhirnya berhasil menangkap kelinci tersebut. Berapakah besar perpindahan yang telah ditempuh oleh harimau tersebut?

**Jawab:**

Kita dapat menggambarkan vektor perpindahan yang telah dilakukan oleh harimau itu dengan bantuan anak panah.



Dari persamaan (1.9) kita dapat menghitung perpindahan yang telah ditempuh harimau, (dengan sudut antara vektor 100 m dengan 50 m adalah sebesar  $180^\circ - 30^\circ = 150^\circ$ ), sebagai berikut:

$$S = \sqrt{100^2 + 50^2 - 2 \times 100 \times 50 \cos 150^\circ} = 145,5 \text{ m}$$

Arah yang telah dilalui oleh harimau itu dapat dicari dengan menggunakan persamaan 1.8. Sudut di hadapan vektor S adalah sudut antara vektor 100 m dengan 50 m yaitu sebesar  $180^\circ - 30^\circ = 150^\circ$ , sehingga:

$$\frac{S}{\sin 150^\circ} = \frac{50}{\sin \alpha} \text{ atau } \alpha = 10^\circ$$

Dengan demikian, harimau tersebut telah mengalami perpindahan sejauh 145,5 m dengan sudut yang dibentuknya terhadap arah horizontal (arah timur) sebesar  $10^\circ$ .

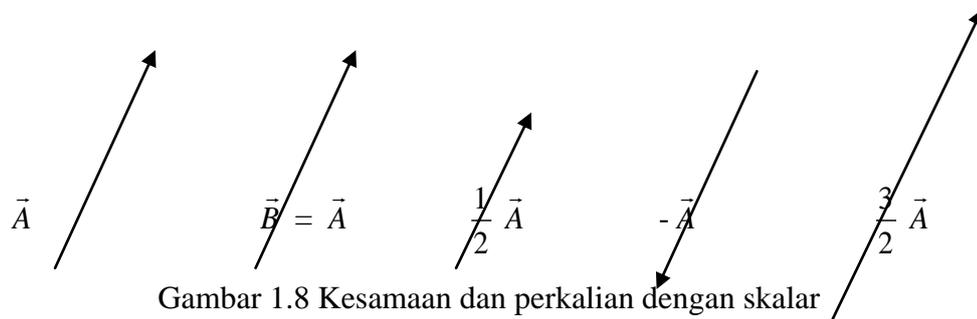
---

### 1.5.3.3 Perkalian dengan skalar

Vektor  $\vec{B} = m\vec{A}$ , dengan m adalah besaran skalar adalah vektor yang panjangnya m kali panjang vektor  $\vec{A}$  dan arahnya sama jika m positif dan berlawanan jika m negatif. Jika  $m = 0$ , maka diperoleh vektor nol yang panjangnya nol dan arahnya tak tentu.

Sebuah vektor dapat dinyatakan dalam notasi komponen,

$$\text{Jika } \vec{B} = m\vec{A} \text{ maka } B_x = mA_x, B_y = mA_y, B_z = mA_z. \quad (1.7)$$



Gambar 1.8 Kesamaan dan perkalian dengan skalar

### 1.5.3.4 Perkalian Antarvektor

Perkalian antarvektor berbeda dengan perkalian antarskalar atau perkalian antara vektor dengan skalar. Oleh karena itu perlu didefinisikan dahulu aturannya. Ada tiga macam perkalian vektor, yaitu perkalian titik  $\vec{A} \cdot \vec{B}$ , perkalian silang  $\vec{A} \times \vec{B}$ , dan perkalian dyad  $\vec{A} \vec{B}$ , masing-masing mempunyai arti dan sifat yang sangat berlainan. Perkalian *dyad*  $\vec{A} \vec{B}$  tidak digunakan dalam buku ini, sehingga tidak diberikan penjelasan apapun mengenai hal itu.

#### Perkalian titik (*dot product*)

Perkalian titik antara dua vektor didefinisikan sebagai :

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta \quad , 0 \leq \theta \leq \pi \quad (1.12)$$

Dengan  $\theta$  adalah sudut yang diapit oleh  $\vec{A}$  dan  $\vec{B}$ . Hasil perkalian ini adalah skalar. Oleh karena itu perkalian titik sering juga disebut *perkalian skalar*.

Jika dinyatakan dalam komponen, perkalian titik menjadi :

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = (A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}) \cdot (B_x \hat{i} + B_y \hat{j} + B_z \hat{k})$$

karena  $\hat{i} \cdot \hat{i} = \hat{j} \cdot \hat{j} = \hat{k} \cdot \hat{k} = |\hat{i}| |\hat{i}| \cos 90 = 1$ , maka:

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z \quad (1.13)$$

Dari definisi di atas dan dari persamaan 1.2, jelaslah bahwa panjang dapat dituliskan sebagai perkalian titik

$$A^2 = |\vec{A}|^2 = \vec{A} \cdot \vec{A} = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2 \quad (1.14)$$

### Perkalian Silang (*cross product*)

Berlainan dengan perkalian titik, hasil perkalian silang  $\vec{A} \times \vec{B}$  adalah sebuah *vektor*. Perkalian silang didefinisikan sebagai :

$$\vec{A} \times \vec{B} = (AB \sin \theta) \hat{n}, \quad 0 \leq \theta \leq \pi \quad (1.17)$$

dengan  $\theta$  adalah sudut antara  $\vec{A}$  dan  $\vec{B}$ . Vektor satuan  $\hat{n}$  adalah vektor yang tegak lurus pada bidang yang dibentuk oleh  $\vec{A}$  dan  $\vec{B}$  dan berarah menurut garis sekrup yang berputar dari  $\vec{A}$  ke  $\vec{B}$  melalui sudut  $\theta$ .

Dalam komponen perkalian silang ditulis sebagai :

$$\vec{A} \times \vec{B} = \hat{i} (A_y B_z - A_z B_y) + \hat{j} (A_z B_x - A_x B_z) + \hat{k} (A_x B_y - A_y B_x) \quad (1.18)$$

### Latihan Soal:

1.1 Sebuah bola yang bergerak dalam bidang datar memiliki persamaan yang bergantung pada waktu:  $s = 4 + at + 2bt^2$ . Jika satuan  $s$  adalah meter dan satuan  $t$  adalah sekon, apakah satuan dari  $a$  dan  $b$ ?

1.2 salah satu persamaan gerak lurus beraturan tentang perpindahan menyatakan bahwa:

$$s = v_0 t + 1/2 at^2$$

Dengan  $s$  = perpindahan (dalam meter)

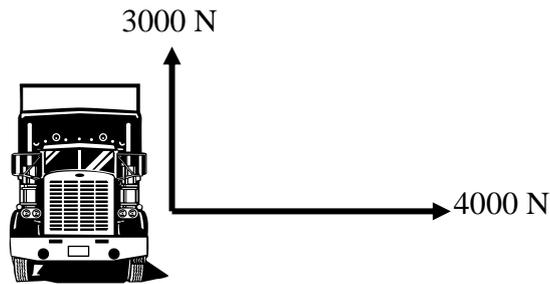
$v_0$  = kecepatan awal ( dalam m/s)

$a$  = percepatan (dalam  $m/s^2$ )

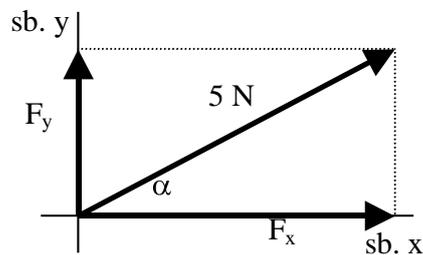
$T$  = waktu yang diperlukan (dalam s).

Dengan menggunakan aturan dimensi, apakah persamaan gerak lurus berubah beraturan tersebut benar?

- 1.3 Sebuah *container* besar ditarik oleh dua buah traktor dengan menggunakan tambang, seperti pada gambar. Traktor pertama mengeluarkan gaya 3000 N dan traktor kedua mengeluarkan gaya 4000 N, dan membentuk sudut  $90^\circ$  terhadap tambang traktor pertama. Berapakah resultan gaya yang dialami oleh traktor tersebut?



- 1.4 Sebuah vektor gaya 5 N membentuk sudut dengan sb. x sebesar  $\alpha = 37^\circ$  (gambar soal 1.8). Hitunglah proyeksi gaya terhadap sumbu x dan sumbu y



- 1.5 Tentukan besar dan arah resultan dari tiga gaya dalam gambar soal 10 di bawah ini dengan cara grafis!

