

# BAB 1

## SISTEM GAYA

### 1.1 SISTEM SATUAN

Satuan Internasional (disingkat SI) membagi satuan dalam tiga kelompok, yaitu: (1) satuan dasar, (2) satuan tambahan, dan (3) satuan turunan. SI dibuat dari tujuh satuan dasar, yang diperlihatkan pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Satuan Dasar dan Simbol

Besaran	Satuan	Simbol
Panjang	meter	m
Massa	kilogram	kg
Waktu	second	s
Arus listrik	ampere	A
Temperatur	kelvin	K
Jumlah zat	mole	mol
Intensitas cahaya	candela	cd

Satuan turunan dinyatakan secara aljabar dalam bentuk satuan dasar dan atau satuan tambahan dengan cara perkalian dan atau pembagian satuan dasar. Satuan turunan dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Satuan gaya adalah newton (N), yaitu gaya yang mengakibatkan percepatan sebesar  $1 \text{ m/s}^2$  apabila bekerja pada sebuah benda yang mempunyai massa 1 kg. Maka  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ . Sebuah benda dengan massa 1 kg mengalami gaya gravitasi sebesar 9,81 N. Nilai tepatnya tergantung pada tempat di bumi. Gaya 9,81 N ini sering ditulis 1 kgf. Maka gaya 5 kgf adalah gaya yang sama dengan gaya gravitasi yang bekerja pada benda dengan massa 5 kg. Jika suatu gaya bekerja pada sebuah benda sehingga mengakibatkan percepatan maka arah percepatan tergantung pada arah gaya sehingga besar dan arah gaya yang bekerja dapat ditentukan.

Tabel 1.2 Satuan Turunan

Besaran	Turunan Satuan SI	Simbol	Nama Khusus
Luas	meter persegi	m <sup>2</sup>	
Volume	meter kubik	m <sup>3</sup>	
Kecepatan linier	meter per second	m/s	
Kecepatan sudut	radian per second	rad/s	
Percepatan linier	meter per second kuadrat	m/s <sup>2</sup>	
Frekuensi	siklus per detik	Hz	hertz
Kepadatan	kilogram per meter kubik	kg/m <sup>3</sup>	
Gaya	kilogram ? meter per second kuadrat	N	newton
Momen gaya	newton ? meter	N ? m	
Tekanan	newton per meter persegi	Pa	pascal
Tegangan	newton per meter persegi	Pa	pascal
Kerja	newton ? meter	J	joule
Energi	newton ? meter	J	joule
Daya	joule per second	W	watt

## 1.2 GAYA DAN PENGARUHNYA

Gaya (*force*) didefinisikan sebagai tarikan atau dorongan yang bekerja pada sebuah benda yang dapat mengakibatkan perubahan gerak. Umumnya, gaya mengakibatkan dua pengaruh, yaitu: (1) menyebabkan sebuah benda bergerak jika diam atau perubahan gerak jika telah bergerak dan (2) terjadi deformasi. Pengaruh pertama disebut juga pengaruh luar (*external effect*) dan yang kedua disebut pengaruh dalam (*internal effect*).

Apabila beberapa gaya bekerja pada sebuah benda, gaya-gaya tersebut dinyatakan sebagai sistem gaya (*force system*) yang akan dipelajari dalam statika, dinamika, dan kekuatan bahan. Jika sistem gaya yang bekerja pada sebuah benda tidak mengakibatkan pengaruh luar, gaya dikatakan setimbang (*balance*) dan benda dikatakan berada dalam kesetimbangan (*equilibrium*).

Statika mempelajari hubungan antara gaya-gaya yang bekerja pada benda kaku (*rigid body*) pada keadaan diam dan dianggap setimbang. Dinamika

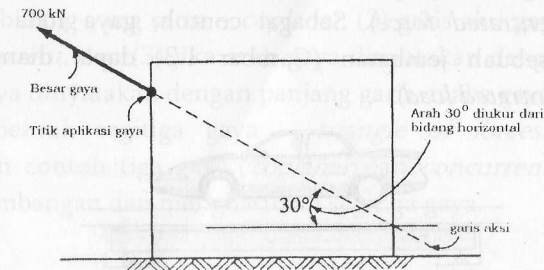
membahas keadaan sebuah benda yang bergerak atau dipercepat, tetapi dapat dibuat setimbang dengan menempatkan gaya inersia secara tepat.

Kekuatan bahan (*strength of materials*) mengkaji kekuatan bahan dalam kaitannya dengan gaya luar yang bekerja pada sebuah benda dan pengaruhnya terhadap gaya dalam benda. Benda tidak dianggap sebagai kaku sempurna (*perfectly rigid*) dan dilakukan perhitungan deformasi benda pada beberapa macam gaya yang bekerja.

## 1.3 KARAKTERISTIK GAYA

Suatu gaya harus secara lengkap dinyatakan. Gambaran lengkap meliputi informasi mengenai:

1. **Besar (*magnitude*)**, mengacu pada ukuran atau besar gaya. Gaya 1000 N memiliki ukuran yang lebih besar daripada gaya 500 N.
2. **Arah (*direction*)**, mengacu pada garis lintasan sepanjang garis yang beraksi, disebut garis aksi (*line of action*). Gaya dapat vertikal, horizontal atau membentuk sudut terhadap vertikal atau horizontal.
3. **Titik aplikasi (*point of application*)**, mengacu pada titik objek di mana gaya bekerja.

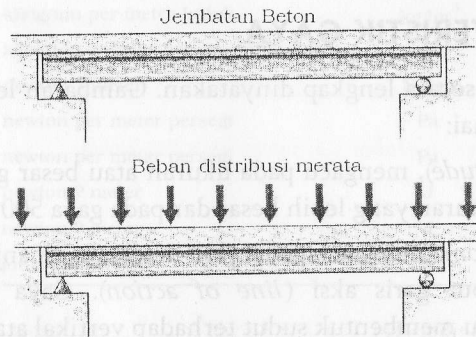


Gambar 1.1 Karakteristik Gaya

## 1.4 KLASIFIKASI GAYA

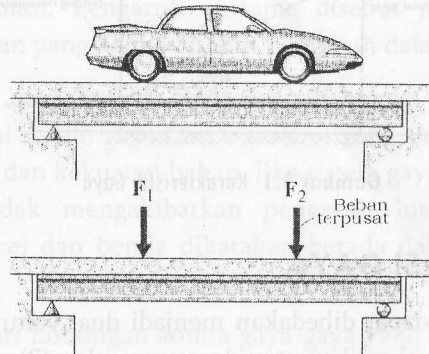
Gaya secara umum dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: (1) gaya kontak atau permukaan, misal tarikan atau dorongan, dan (2) gaya tidak kontak atau *body force*, misal tarikan gravitasi bumi pada semua benda.

Gaya dapat juga diklasifikasi berdasarkan aksi gaya terhadap bidang luasan atau volume. Jika sebuah gaya yang bekerja menghasilkan garis tegangan yang menyebar dari beban dan terdistribusi di seluruh benda maka disebut gaya distribusi (*distributed force*). Distribusi dapat merata (*uniform*) atau tidak merata (*non-uniform*). Berat (jumlah dari gaya gravitasi pada sebuah partikel) dari lantai jembatan beton dengan tebal sama (Gambar 1.2) disebut beban distribusi merata (*uniformly distributed load*).



Gambar 1.2 Beban Merata

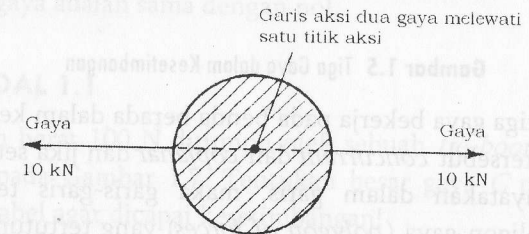
Suatu gaya yang bekerja pada luasan yang relatif kecil disebut gaya terpusat (*concentrated force*). Sebagai contoh, gaya roda mobil yang bekerja pada sebuah jembatan (Gambar 1.3) dapat dianggap beban terpusat (*concentrated load*).



Gambar 1.3 Beban Terpusat

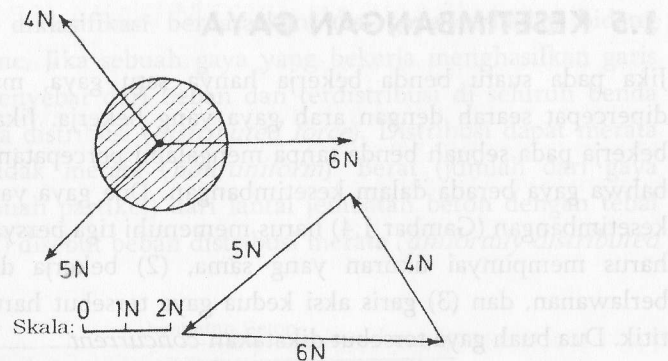
## 1.5 KESETIMBANGAN GAYA

Jika pada suatu benda bekerja hanya satu gaya, maka benda akan dipercepat searah dengan arah gaya yang bekerja. Jika dua buah gaya bekerja pada sebuah benda tanpa mengalami percepatan maka dikatakan bahwa gaya berada dalam kesetimbangan. Dua gaya yang berada dalam kesetimbangan (Gambar 1.4) harus memenuhi tiga persyaratan, yaitu: (1) harus mempunyai ukuran yang sama, (2) bekerja dalam arah yang berlawanan, dan (3) garis aksi kedua gaya tersebut harus melewati satu titik. Dua buah gaya tersebut dikatakan *concurrent*.



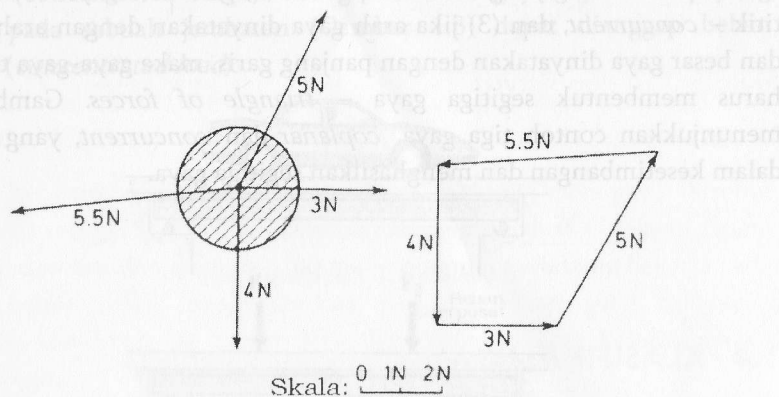
Gambar 1.4 Dua Gaya Berada dalam Kesetimbangan

Tiga buah gaya bekerja pada benda dikatakan dalam kesetimbangan (*equilibrium*) jika memenuhi sejumlah kondisi, yaitu: (1) gaya harus berada pada bidang yang sama – *coplanar*, (2) garis aksi gaya melalui satu titik – *concurrent*, dan (3) jika arah gaya dinyatakan dengan arah panah dan besar gaya dinyatakan dengan panjang garis, maka gaya-gaya tersebut harus membentuk segitiga gaya – *triangle of forces*. Gambar 1.5 menunjukkan contoh tiga gaya, *coplanar* dan *concurrent*, yang berada dalam kesetimbangan dan menghasilkan segitiga gaya.



Gambar 1.5 Tiga Gaya dalam Kesetimbangan

Jika lebih dari tiga gaya bekerja pada benda berada dalam keseimbangan jika gaya-gaya tersebut *concurrent* dan *coplanar* dan jika setiap besar dan arah gaya dinyatakan dalam garis, maka garis-garis tersebut harus membentuk poligon gaya (*polygon of forces*) yang tertutup. Gambar 1.6 menunjukkan contoh empat gaya bekerja pada satu titik dan semua pada bidang yang sama. Karena gaya berada dalam keseimbangan, bentuk yang dihasilkan dinyatakan dengan garis yang menunjukkan arah dan besar gaya membentuk poligon tertutup.



Gambar 1.6 Empat Gaya dalam Kesetimbangan

## 1.6 KESETIMBANGAN SISTEM GAYA KONKUREN

Jika sebuah sistem gaya melalui satu titik berada dalam bidang yang sama (*coplanar concurrent force system*), maka jumlah aljabar komponen vertikal dan horizontal gaya masing-masing harus sama dengan nol. Ini dinyatakan dengan persamaan:

$$\sum F_x = 0 \text{ dan } \sum F_y = 0$$

Sebaliknya, jika dinyatakan  $\sum F_y = 0$  dan  $\sum F_x = 0$  dalam sistem gaya konkuren, maka dapat kita katakan bahwa sistem dalam keseimbangan dan resultan gaya adalah sama dengan nol.

### CONTOH SOAL 1.1

Benda dengan berat 100 N ditumpu oleh sebuah *tie-boom*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.7. Tentukan besar gaya  $C$  pada boom dan gaya  $T$  pada kabel agar dicapai keseimbangan!

### PENYELESAIAN

Diagram benda bebas pada sambungan  $Q$  sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.7b. Ada dua gaya yang tidak diketahui, yaitu  $C$  dan  $T$ , yang dapat diperoleh dengan metode segitiga gaya dan atau metode komponen.

### Metode Segitiga Gaya

Menggunakan hukum sinus untuk menyelesaikan gaya-gaya yang tidak diketahui:

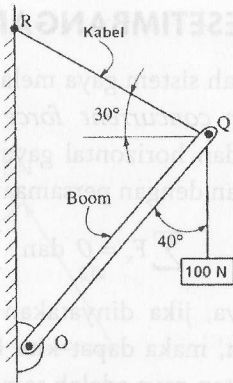
$$\frac{100}{\sin.180^0} = \frac{T}{\sin.40^0} = \frac{C}{\sin.60^0}$$

Sehingga:

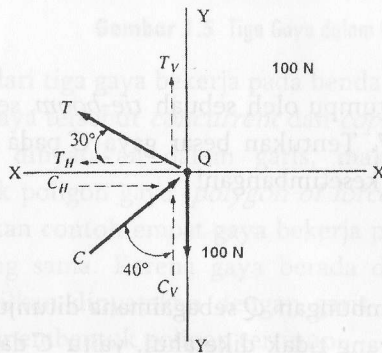
$$T = \frac{\sin.40^0}{\sin.80^0}(100) = 65,3 \times N$$

$$C = \frac{\sin.60^0}{\sin.80^0}(100) = 87,9 \times N$$

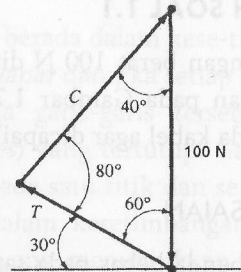




(a) Tied boom



(b) Diagram benda bebas



(c) Segitiga gaya

Gambar 1.7 Sistem Gaya Konkuren Koplanar

**Metode Komponen**

Dari hukum kesetimbangan gaya ( $\sum F_y = 0$  dan  $\sum F_x = 0$ ), dua gaya yang tidak diketahui dapat ditentukan.

Jumlah gaya dalam arah mendatar,

$$\sum F_H = -T_H + C_H = 0$$

$$\dots = -T \cos 30^\circ + C \sin 40^\circ = 0$$

Sehingga,

$$T = \frac{\sin 40^\circ}{\sin 30^\circ} C = 0,7422 \cdot C \dots \text{(pers. 1)}$$

Jumlah gaya dalam arah vertikal,

$$\sum F_v = +T_v + C_v - 100 = 0$$

$$= +T \sin 30^\circ + C \cos 40^\circ - 100 = 0$$

Substitusikan dari persamaan 1,

$$0,7422 C (\sin 30^\circ) + C \cos 40^\circ - 100 = 0$$

$$C = 87,9 \text{ N}$$

Dari persamaan 1,

$$T = 0,7422 C = 65,3 \text{ N}$$

**CONTOH SOAL 1.2**

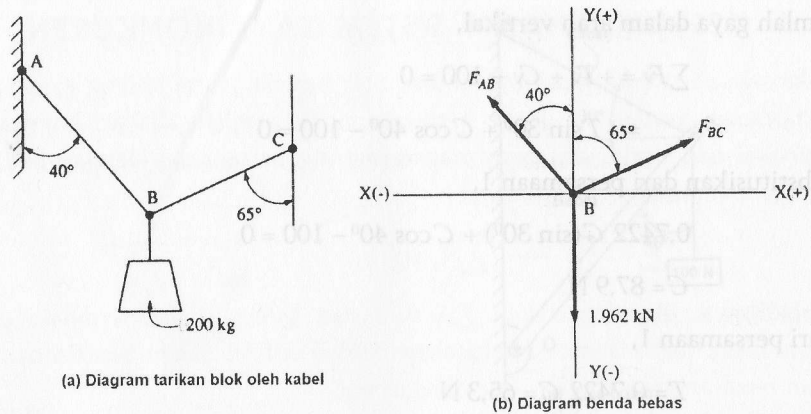
Sebuah blok beton dengan massa 200 kg ditumpu oleh dua kabel sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.8. Tentukan besar tegangan pada kabel agar dicapai kesetimbangan.

**PENYELESAIAN**

Beban karena blok dihitung dari:

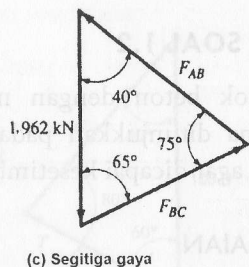
$$W = mg = 200 \text{ kg} (9,81 \text{ m/s}^2) = 1.962 \text{ N} = 1,962 \text{ kN}$$

Sistem gaya adalah koplanar dan konkuren. Kedua kabel pasti tarik. Untuk menentukan besar tegangan tarik kabel, dapat dilakukan dengan metode komponen dengan menerapkan dua persamaan kesetimbangan terhadap diagram benda bebas pada titik B sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.8b, atau dengan segitiga gaya, ditunjukkan pada Gambar 1.8c.



(a) Diagram tarikan blok oleh kabel

(b) Diagram benda bebas



(c) Segitiga gaya

$$\frac{1,962 \times \text{kN}}{\sin.75^0} = \frac{F_{BC}}{\sin.40^0} = \frac{F_{AB}}{\sin.65^0}$$

$$F_{BC} = \frac{\sin.40^0}{\sin.75^0}(1,962) = 1,306 \times \text{kN}$$

$$F_{AB} = \frac{\sin.65^0}{\sin.75^0}(1,962) = 1,842 \times \text{kN}$$

Gambar 1.8 Kesetimbangan Gaya Konkuren

## 1.7 KESETIMBANGAN SISTEM GAYA SEJAJAR

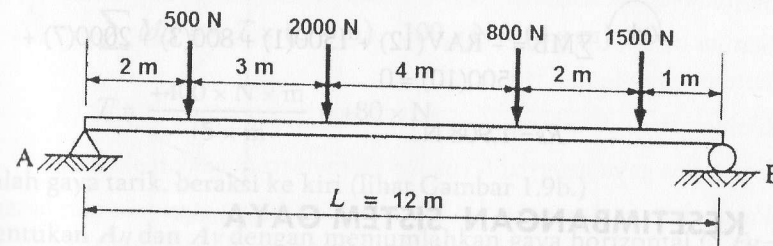
Kesetimbangan sistem gaya sejajar dalam satu bidang (*coplanar parallel force system*), jumlah aljabar gaya-gaya yang bekerja pada sistem dan momen gaya sistem terhadap suatu titik pada bidang harus sama dengan nol. Persyaratan ini dinyatakan dengan:

$$\sum F = 0 \quad \text{dan} \quad \sum M = 0$$

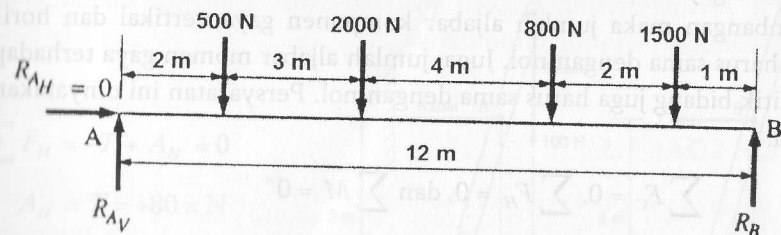
Jenis umum dari problem yang berhubungan dengan sistem gaya sejajar adalah menentukan dua reaksi tumpuan yang tidak diketahui pada balok atau struktural. Dalam menghitung reaksi sistem gaya sejajar, perhatikan penetapan tanda. Momen searah jarum jam terhadap pusat momen dianggap negatif dan momen berlawanan arah jarum jam dianggap positif.

### CONTOH SOAL 1.3

Sebuah balok tumpuan sederhana menyangga beban terpusat vertikal sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.9. Hitung reaksi pada masing-masing tumpuan. Abaikan berat balok.



(a) Sistem gaya sejajar pada balok



(b) Diagram benda bebas

Gambar 1.9 Balok pada Contoh 1.2

### PENYELESAIAN

Diagram benda bebas sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.9b. Tumpuan pin pada A dapat memberikan reaksi horizontal, tetapi karena

tidak ada gaya atau komponen gaya horizontal maka reaksi mendatar diabaikan.

Dengan menganggap putaran berlawanan arah jarum jam positif, reaksi pada titik B dihitung dengan mengambil gaya momen terhadap titik A:

$$\sum M_A = + R_B(12) - 500(2) - 2000(5) - 800(9) - 1500(11) = 0$$

$$R_B = 2.892 \text{ N}$$

Reaksi pada titik A dihitung dengan mengambil gaya momen terhadap titik B:

$$\sum M_B = - R_A V(12) + 1500(1) + 800(3) + 2000(7) + 500(10) = 0$$

$$R_B = 1.908 \text{ N}$$

## 1.8 KESETIMBANGAN SISTEM GAYA NON-KONKUREN

Jika sistem gaya koplanar, tidak-konkuren dan tidak-sejajar berada dalam kesetimbangan maka jumlah aljabar komponen gaya vertikal dan horizontal harus sama dengan nol. Juga, jumlah aljabar momen gaya terhadap suatu titik bidang juga harus sama dengan nol. Persyaratan ini dinyatakan dengan:

$$\sum F_V = 0, \sum F_H = 0, \text{ dan } \sum M = 0$$

Kesetimbangan dari sistem ini tidak dapat diverifikasi hanya dengan penjumlahan persamaan gaya. Pada banyak kasus, paling tidak satu persamaan momen harus digunakan. Dalam memilih pusat momen, harus diingat bahwa garis gaya yang melalui pusat momen akan berharga nol terhadap pusat momen.

### CONTOH SOAL 1.4

Tie boom pada Gambar 1.10a menumpu beban 100 N. Boom di-pin di titik A. Tentukan gaya pada tie dan reaksi pada A.

#### PENYELESAIAN

Sistem gaya adalah koplanar dan non-konkuren. Diagram benda bebas dari boom ditunjukkan pada Gambar 1.10b.  $T$  adalah gaya tarik kabel. Tumpuan pin pada A diganti dengan reaksi horizontal dan vertikal  $A_H$  dan  $A_V$ . Gaya ke atas dan ke kanan dan momen berlawanan arah jarum jam dianggap positif.

$T$  dihitung dengan menjumlahkan momen terhadap titik A:

$$\sum M_A = + T \times (5 \times \text{m}) - 100 \times \text{N} \times (4 \times \text{m}) = 0$$

$$T = \frac{+400 \times \text{N} \times \text{m}}{5 \times \text{m}} = +80 \times \text{N}$$

$T$  adalah gaya tarik, beraksi ke kiri (lihat Gambar 1.9b.)

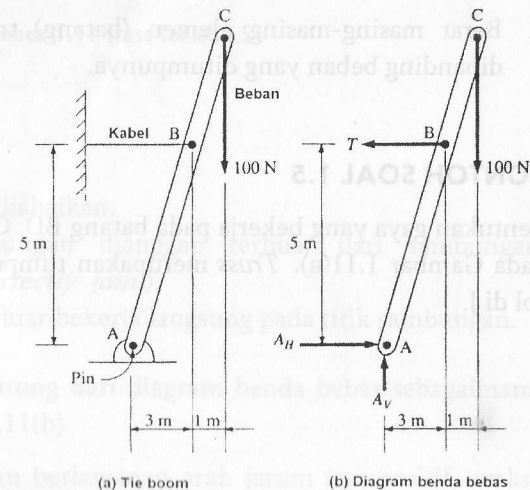
Menentukan  $A_H$  dan  $A_V$  dengan menjumlahkan gaya horizontal ( $\sum F_H = 0$ ) dan gaya vertikal ( $\sum F_V = 0$ ), yaitu:

$$\sum F_H = -T + A_H = 0$$

$$A_H = T = +80 \times \text{N}$$

$$\sum F_V = -100 \times \text{N} + A_V = 0$$

$$A_V = +100 \times \text{N}$$



Gambar 1.10 Sistem Gaya Non-Konkuren

## Pendahuluan Hitung Vektor

**BESARAN SKALAR** hanya memiliki besar. Contoh besaran skalar yang khas adalah jumlah siswa dalam kelas, banyaknya gula dalam tempat gula, harga sebuah rumah dan lain sebagainya.

Karena besaran skalar adalah bilangan belaka, maka cara penjumlahannya sama dengan cara penjumlahan bilangan. Dua kelereng dalam saku kiri ditambah tujuh kelereng dari saku lain adalah sembilan kelereng.

**BESARAN VEKTOR** selain memiliki besar memiliki arah pula. Misalnya, *vektor perpindahan* (vector displacement) dapat berupa perubahan kedudukan dari suatu tempat ke tempat yang lain sejauh 2 cm dalam arah  $x$  dari tempat pertama. Contoh lain: tali yang diikatkan pada tiang, jika ditarik ke arah Utara menimbulkan gaya yang bersifat vektor (vector force) pada tiang itu sebesar 20 N, arah ke Utara. Satu newton = 0,225 pound (1 N = 0,225 lb). Begitu pula, mobil yang menuju ke Selatan dengan laju 40 km/jam memiliki *kecepatan vektor* (vector velocity) sebesar 40 km/jam, arah ke Selatan.

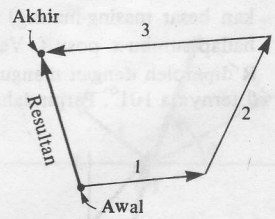
Besaran vektor dapat digambarkan sebagai anak panah, di mana panjang anak panah menunjukkan besar vektor (2 cm, 20 N, 40 km/jam), dan arah anak panah menunjukkan arah besaran vektor.

Apabila dicetak, vektor dinyatakan dengan cetak tebal, misalnya  $\mathbf{F}$ . Dalam tulisan, vektor seringkali ditulis sebagai  $\vec{F}$  dan  $\underline{F}$ .

**RESULTAN** beberapa vektor sejenis, misalnya vektor gaya, adalah suatu vektor yang mempunyai akibat yang sama dengan akibat semua vektor itu.

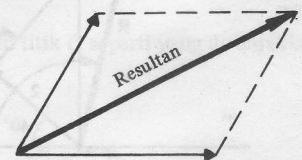
**PENJUMLAHAN VEKTOR SECARA GRAFIS (METODE POLIGON)**: Pada cara ini resultan sejumlah vektor diperoleh dengan menggambar anak panah-anak panah vektor secara sambung-menyambung dengan memperhatikan panjang maupun arah anak panah yang bersangkutan. Ekor anak panah yang satu diimpitkan dengan ujung anak panah yang mendahuluinya, seperti diperlihatkan dalam Gambar 1-1.

Resultan vektor-vektor ini dinyatakan dengan anak panah yang ekornya adalah ekor anak panah pertama dan ujungnya adalah ujung anak panah terakhir yang ditambahkan.



Gambar 1-1

**METODE JAJARAN GENJANG** untuk menjumlahkan dua buah vektor: Resultan dua vektor yang berpotongan adalah diagonal jajaran genjang dengan kedua vektor tersebut sebagai sisi jajaran genjang. Lihat Gambar 1-2. Arah resultan adalah menjauhi titik awal kedua vektor.

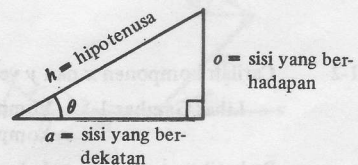


Gambar 1-2

**PENGURANGAN VEKTOR**: Untuk mengurangkan vektor  $\mathbf{B}$  dari vektor  $\mathbf{A}$ , balikkanlah arah  $\mathbf{B}$  dan jumlahkan terhadap vektor  $\mathbf{A}$ , sehingga  $\mathbf{A} - \mathbf{B} = \mathbf{A} + (-\mathbf{B})$ .

**FUNGSI TRIGONOMETRI** diperoleh dengan memperhatikan segitiga siku-siku. Dengan mengacu pada Gambar 1-3, didefinisikan bahwa:

$$\sin \theta = \frac{o}{h} \quad \cos \theta = \frac{a}{h} \quad \tan \theta = \frac{o}{a}$$



Gambar 1-3

Fungsi-fungsi ini kerap digunakan dalam bentuk:

$$o = h \sin \theta \quad a = h \cos \theta \quad o = a \tan \theta$$



**KOMPONEN VEKTOR** adalah nilai vektor tersebut dalam arah tertentu. Sebagai contoh, komponen  $x$  suatu perpindahan adalah perpindahan sejajar sumbu  $x$  sesuai vektor perpindahan tersebut. Suatu vektor dapat dipandang sebagai resultan vektor-vektor komponennya dalam arah-arah tertentu. Kebiasaan yang ternyata sangat berguna, adalah dengan menguraikan vektor dalam komponen-komponen yang saling tegaklurus (*komponen siku-siku*).

**PENJUMLAHAN KOMPONEN VEKTOR:** Penjumlahan beberapa vektor dapat dicapai dengan menjumlahkan komponen-komponennya: setiap vektor diuraikan menjadi komponen  $x$ ,  $y$  dan  $z$ , dengan catatan bahwa komponen dengan arah negatif, diberi tanda negatif pula. Maka komponen  $R_x$  vektor resultan adalah jumlah aljabar semua komponen  $x$ . Demikian pula komponen  $y$  dan komponen  $z$  vektor resultan. Dengan mengetahui komponen-komponennya, maka besar vektor resultan  $R$  adalah:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

Untuk vektor dalam dua dimensi, sudut  $\theta$  yang dibentuk vektor resultan dengan sumbu  $x$  adalah

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

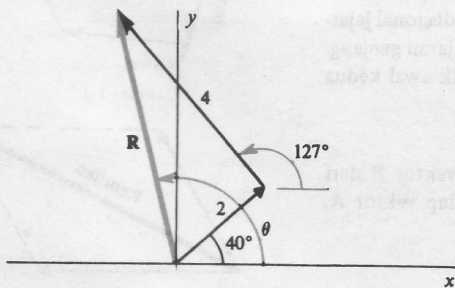
**VEKTOR SATUAN  $i$ ,  $j$ , dan  $k$**  masing-masing ditetapkan terhadap sumbu-sumbu  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ . Suatu vektor  $3i$  menyatakan adanya vektor tiga-satuan pada arah  $+x$ , sedangkan  $-5k$  menyatakan adanya vektor lima satuan pada arah  $-z$ . Vektor  $\mathbf{R}$  yang mempunyai komponen-komponen  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  masing-masing berupa  $R_x$ ,  $R_y$ , dan  $R_z$ , dapat dituliskan sebagai  $\mathbf{R} = R_x \mathbf{i} + R_y \mathbf{j} + R_z \mathbf{k}$ .

Kadang-kadang digunakan  $\hat{x}$ ,  $\hat{y}$ , dan  $\hat{z}$  sebagai pengganti  $i$ ,  $j$ , dan  $k$ .

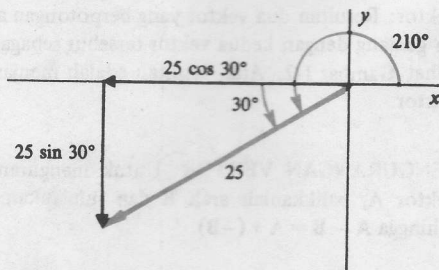
## Soal-soal yang Dipecahkan

- 1-1 Dengan memakai grafik, carilah resultan kedua vektor perpindahan berikut: 2 m pada  $40^\circ$  dan 4 m pada  $127^\circ$ ; sudut-sudut ini dihitung terhadap sumbu- $x$  positif, sebagaimana mestinya.

Tentukan sumbu  $x$ - $y$  seperti tampak pada Gambar 1-4, dan gambarlah kedua vektor itu (pindahkan besar masing-masing) secara sambung-menyambung. Perhatikan bahwa semua sudut diukur terhadap sumbu- $x$  positif. Vektor resultan  $\mathbf{R}$ , adalah anak panah antara titik awal dan titik akhir. Besar  $R$  diperoleh dengan mengukur panjang anak panah: 4,6 m. Dengan menggunakan mistar busur sudut  $\theta$  ternyata  $101^\circ$ . Perpindahan resultan adalah 4,6 m pada  $101^\circ$ .



Gambar 1-4



Gambar 1-5

- 1-2 Carilah komponen  $x$  dan  $y$  vektor perpindahan 25 m pada  $210^\circ$ .

Lihat Gambar 1-5: komponen  $x = -25 \cos 30^\circ = -21,7$  m

komponen  $y = -25 \sin 30^\circ = -12,5$  m

Perhatikan benar-benar bahwa kedua komponen itu berarah negatif, maka harus diberi tanda negatif pula.

## Keseimbangan di Bawah Pengaruh Gaya-gaya yang Berpotongan

**GAYA-GAYA BERPOTONGAN** adalah gaya-gaya yang garis kerjanya berpotongan di satu titik. Gaya-gaya yang bekerja pada benda titik bersifat demikian karena mereka semua melewati titik yang sama, yakni benda titik.

**SEBUAH BENDA BERADA DALAM KESEIMBANGAN** di bawah pengaruh gaya-gaya yang berpotongan jika (1) benda itu diam dan tetap diam [disebut *keseimbangan statik* (static equilibrium)] atau (2) benda itu bergerak dengan vektor kecepatan yang tetap [disebut *keseimbangan translasi* (translational equilibrium)].

**SYARAT PERTAMA KEADAAN KESEIMBANGAN** adalah  $\Sigma F = 0$  atau, dalam bentuk komponen

$$\Sigma F_x = \Sigma F_y = \Sigma F_z = 0$$

yakni, resultan semua gaya luar yang bekerja pada benda adalah nol. Syarat keseimbangan ini cukup memadai apabila gaya-gaya luar itu saling berpotongan di satu titik. Apabila tidak demikian ada lagi syarat yang harus dipenuhi; lihat Bab 3.

**METODE PENYELESAIAN MASALAH (GAYA-GAYA BERPOTONGAN):**

- (1) Pisahkan benda yang dibahas.
- (2) Gambarkan gaya-gaya yang bekerja pada benda yang dipisahkan pada diagram (diagram benda-bebas);
- (3) Tentukan komponen setiap gaya;
- (4) Tulis syarat pertama keseimbangan dalam bentuk persamaan;
- (5) Tentukan besaran yang sedang dicari.

**BERAT BENDA** adalah gaya tarik gravitasi ke arah bawah yang dialami benda tersebut.

**TEGANGAN DALAM TALI** adalah gaya tarik tali pada sebuah benda yang terikat pada tali tersebut.

**GAYA GESEK ( $f$ )** adalah gaya sejajar permukaan yang melawan pergeseran benda. Gaya ini sejajar dengan permukaan dan arahnya berlawanan dengan arah pergeseran benda.

**GAYA NORMAL ( $F_N$ )** pada permukaan benda yang diam (atau bergeser) di atas permukaan lain, adalah komponen tegaklurus gaya yang dilakukan permukaan yang tertindih pada permukaan yang menindih.

**KOEFISIEN GESEK KINETIK ( $\mu_k$ )** didefinisikan untuk keadaan di mana satu permukaan benda bergeser di atas permukaan benda yang lain pada laju yang tetap.

$$\mu_k = \frac{\text{gaya gesek}}{\text{gaya normal}} = \frac{f}{F_n}$$

**KOEFISIEN GESEK STATIK ( $\mu_s$ )** didefinisikan untuk keadaan di mana suatu permukaan benda tepat akan bergeser terhadap permukaan benda yang lain.

$$\mu_s = \frac{\text{gaya gesek kritis}}{\text{gaya normal}} = \frac{f}{F_N}$$

di mana gaya gesek kritis adalah gaya gesek yang tercapai bila benda tepat akan bergeser.

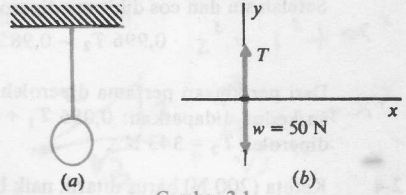
### Soal-soal yang Dipecahkan

2-1 Benda pada Gambar 2-1(a) beratnya 50 N dan menggantung pada ujung seutas tali. Berapakah tegangan dalam tali?

Benda dibebaskan: ada dua gaya yang bekerja padanya yakni gaya gravitasi (arah ke bawah) dan tegangan dalam tali (arah ke atas). Gaya gravitasi pada benda adalah berat benda  $w = 50 \text{ N}$ ; tegangan dalam tali dilambangkan  $T$ . Lihat Gambar 2-1(b).

Dalam soal ini kedua gaya sudah dalam bentuk komponen, maka syarat pertama keseimbangan adalah:

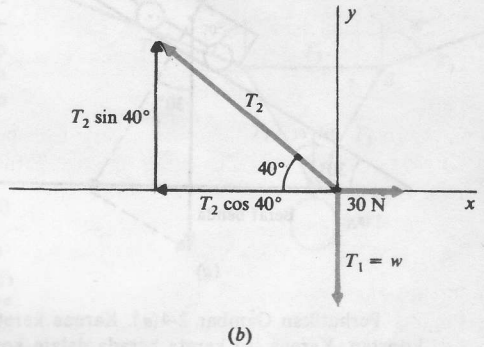
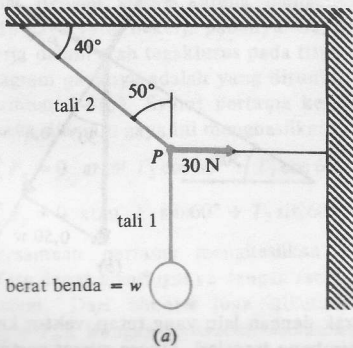
$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \quad \text{di sini menjadi} \quad 0 = 0 \\ \sum F_y &= 0 \quad \text{di sini menjadi} \quad T - 50 \text{ N} = 0 \end{aligned}$$



Gambar 2-1

maka  $T = 50 \text{ N}$ . Jadi, bila sebuah tali datar menopang benda pada keseimbangan, maka tegangan dalam tali akan sama dengan berat benda tersebut.

2-2 Seperti tampak pada Gambar 2-2(a) tegangan dalam tali datar adalah 30 N. Carilah berat benda.



Gambar 2-2

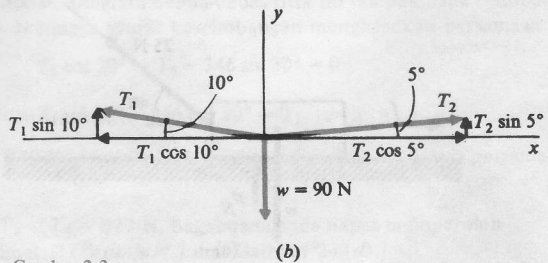
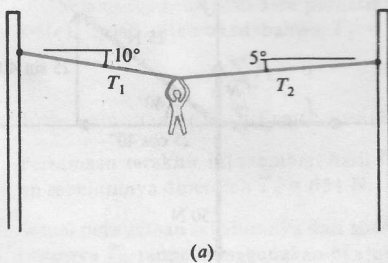
Sebagai telah disinggung dalam Soal 2-1, tegangan dalam tali 1 adalah sama dengan berat yang tergantung pada tali itu. Maka  $T_1 = w$ , dan  $T_1$  atau  $w$  akan dicari.

Perhatikan bahwa gaya  $T_1$  yang tidak diketahui maupun gaya 30 N yang diketahui kedua-duanya bekerja pada tali di titik  $P$ . Karena itu titik  $P$  kita 'bebaskan', dan gaya-gaya yang bekerja padanya tampak pada Gambar 2-2(b), beserta komponen-komponennya. Syarat pertama keseimbangan menghasilkan persamaan:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \quad \text{atau} \quad 30 \text{ N} - T_2 \cos 40^\circ = 0 \\ \sum F_y &= 0 \quad \text{atau} \quad T_2 \sin 40^\circ - w = 0 \end{aligned}$$

Dari persamaan pertama diperoleh  $T_2 = 39,2 \text{ N}$ ; substitusikan nilai ini dalam persamaan kedua. Hasilnya:  $w = 25,2 \text{ N}$ , yakni berat benda.

2-3 Tali direntangkan antara dua tiang. Seorang anak (90 N) menggantung pada tali itu. Lihat Gambar 2-3(a). Tentukan tegangan dalam kedua belah tali.



Gambar 2-3