

## BAB - 2

### G A Y A

Dua bab berikutnya mengembangkan hukum statistika, yang merupakan suatu kondisi dimana suatu benda tetap diam. Hukum ini dapat dipakai secara universal dan dapat digunakan untuk mendesain topangan suatu jembatan sama baiknya untuk memahami fungsi otot dalam sikap tubuh tegap. Mempelajari statistika juga menyediakan pengenalan yang baik terhadap gaya, yang merupakan satu dari konsep fisika yang penting.

#### 2.1 Sifat-sifat Gaya

Mungkin untuk menentukan gaya yang bekerja dengan menggambarkan operasi yang dibutuhkan untuk mengukurnya. Ini merupakan cara konsep dari panjang dan waktu yang telah dikenalkan di bab 1; tetapi karena prosedur lebih tak dikenal sifat gaya yang kita ingin tekankan, kita tidak perlu bersusah-susah untuk menentukan gaya pada semua, membawanya menjadi konsep primitif dengan sifat-sifat berikut.

*Sifat 1* : gaya tarikan atau dorongan, seperti pada kontraksi otot. Gaya selalu bekerja oleh suatu benda ke benda lainnya. Jadi tangan digambar 2.1 mendesak suatu gaya  $F$  (oleh tali) terhadap kotak.

*Sifat 2* : gaya dikarakterisasi oleh besar dan arahnya dimana gaya bekerja. Itulah, baik besar dan arahnya dibutuhkan untuk mencirikan gaya lengkap. Besar dapat dinyatakan dalam berbagai unit satuan, dan sekarang pound inggris akan digunakan. Gaya 1 lb adalah gaya yang dibutuhkan untuk menopang berat 1 lb. arah gaya adalah arah dimana gaya cenderung terhadap benda dimana dilakukannya. Arah ditunjukkan dengan tanda panah gambar 2.1, dimana diidentifikasi dengan panjang tali.

Kuantitas besar dan arah disebut vektor. Arah panah menunjukkan besar vektor.

Simbol gaya ditulis huruf besar tebal ( $\mathbf{F}$ ) atau huruf besar miring ( $F$ )

*Sifat 3* (hukum 3 newton tentang gerak) : *gaya selalu berpasangan.*

Dua gaya yang berpasangan dinyatakan dengan gaya aksi dan gaya reaksi.

Gaya aksi reaksi bekerja pada dua benda yang berbeda.

Hukum newton (1 2 3) merupakan salah satu hukum alam.

*Sifat 4* : jika dua (atau lebih gaya ) beraksi secara bersamaan pada benda yang sama, pengaruhnya adalah sama seperti gaya tunggal yang merupakan penjumlahan vektor dari gaya individu.

*Sifat 5* : (hukum pertama newton tentang gerak) untuk suatu benda tetap pada keadaan diam, contohnya berada dalam keseimbangan, dibutuhkan bahwa jumlah vektor dari seluruh gaya yang beraksi padanya adalah nol.

## 2.2 Beberapa gaya-gaya khusus

### Gaya gravitasi

Nama gravitasi disini diberikan pada gaya yang mana ada interaksi bumi pada seluruh benda. Sebenarnya gaya gravitasi dimiliki oleh setiap benda yang bermassa. Gaya gravitasi pada setiap benda dipermukaan bumi dianggap sama. Dengan hanya 0.5 % perbedaan di khatulistiwa dengan di kutub. Arah gaya gravitasi adalah ke pusat bumi.

Jika kita menjatuhkan sebuah benda dekat permukaan bumi dan mengabaikan resistansi udara sehingga satu-satunya gaya yang bekerja pada benda itu adalah gaya karena gravitasi (keadaan ini dinamakan gerak jatuh bebas), benda dipercepat ke bumi dengan percepatan  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Pada tiap titik di ruang, percepatan ini sama untuk setiap benda, tak bergantung pada massanya. Kita namakan nilai percepatan ini  $g$ . dari hukum kedua newton, kita dapat menulis gaya gravitasi  $F_g$  pada benda bermassa  $m$  sebagai

$$F_g = ma$$

Dengan menggunakan  $a = g$  dan menulis  $w$  untuk gaya gravitasi, kita dapatkan

$$W = mg$$

Karena pada tiap lokasi tertentu, berat sebuah benda sebanding dengan massanya, kita dapat membandingkan massa sebuah benda dengan massa benda lain dengan membandingkan beratnya di lokasi yang sama.

Gaya gravitasi dapat digunakan untuk menetapkan satuan gaya. Pertama, balok logam well-machined yang dihasilkan dan berubah-ubah disain sebagai standar. Gaya gravitasi pada balok diambil 1 unit gaya. Kedua, sejumlah standar kedua dihasilkan dari standar pertama. Dilakukan dengan menyeimbangkan pada suatu alat timbangan. Ketiga, balok logam misalnya  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  , 5, 10 lb dan lainnya dihasilkan dari standar kedua, dan akan diperoleh seperangkat

pembandingan berat. Berat suatu benda yang tidak diketahui diperoleh dengan cara menimbang dan menyetarakan dengan perangkat pembandingan berat.

### **Gaya pegas.**

Sebuah pegas yang dibuat dengan cara melilitkan kawat yang kaku menjadi sebuah kumparan adalah alat yang lazim. Gaya yang dikerjakan oleh pegas jika ia ditekan atau diregangkan adalah hasil dari gaya intermolekuler yang rumit di dalam pegas, tetapi gambaran empiris tentang perilaku makroskopik pegas adalah cukup untuk kebanyakan terapan. Jika pegas ditekan atau diregangkan kemudian dilepas, pegas kembali ke panjang asal atau alamiahnya, jika perpindahannya tidak terlalu besar. Ada suatu batas untuk perpindahan itu, di atas nilai itu pegas tidak kembali ke panjang semulanya tetapi tinggal secara permanen dalam keadaan yang telah berubah.

Bila suatu pegas digantung secara vertikal, kemudian pada pegas tersebut digantung suatu beban yang tidak melebihi batas elastisitas pegas maka pegas tersebut akan tertarik ke bawah oleh gaya gravitasi sebesar :

$$F_g = k \cdot x$$

$F_g$  = gaya gravitasi;  $k$  = konstanta gravitasi;  $x$  = pertambahan panjang.

Karena berada dalam kesetimbangan, maka menurut hukum 3 Newton tentang gerak resultan gaya adalah nol,

$$F_g + F_k = 0$$

$$F_k = -k \cdot x$$

$F_k$  adalah gaya yang dilakukan pegas yang arahnya berlawanan dengan gaya gravitasi.

Gaya yang dikerjakan oleh pegas sama dengan gaya yang dikerjakan oleh satu atom pada atom lain dalam sebuah molekul atau zat padat dalam arti bahwa, untuk perpindahan yang kecil dari kesetimbangan, gaya pemulih sebanding dengan perpindahan.

### **Gaya Normal**

Ketika suatu benda berada dalam keseimbangan maka gaya-gaya yang beraksi padanya harus sama dengan nol (sifat 5: hukum 1 Newton tentang gerak). Misalnya bila suatu benda berada pada suatu meja dalam keadaan diam maka selain gaya gravitasi yang dilakukan benda terhadap bumi maka harus ada gaya penyeimbangannya, yaitu gaya normal. Gaya normal adalah

gaya yang dilakukan oleh permukaan kontak benda yang arahnya tegak lurus bidang kontakannya, maka disebut juga gaya kontak. Pada contoh di atas jika gaya gravitasi  $F_g$  arahnya ke bawah maka gaya normal  $F_c$  arahnya adalah berlawanan ditandai negatif  $F_g$  dan memiliki besar yang sama.

$$F_c = -F_g.$$

Gaya normal merupakan suatu gaya aksi reaksi, bila  $F_g$  adalah gaya aksi, maka  $F_c$  merupakan gaya reaksinya.

### **Gaya gesekan**

Gaya gesekan muncul bilamana suatu benda meluncur di atas benda lain. Gaya ini sejajar dengan permukaan benda umumnya arah aksinya berlawanan dengan gaya eksternal yang diberikan. Misalnya, bila suatu benda berada pada meja dan kita tarik gaya yang kecil  $F_a$ , maka benda akan tetap diam karena  $F_f > F_a$ . jika gaya yang kecil  $F_a$  itu diperbesar mendekati  $F_f$ , maka kesetimbangan benda goyah dan benda akan mulai bergerak.

Gaya gesekan maksimum benda bergantung pada sifat alamiah dua permukaan benda dan besar gaya kontak  $F_c$ .

$$F_f = \mu \cdot F_c$$

Ketika benda diam hingga mulai akan bergerak, maka gaya gesekannya menjadi :

$$F_f = \mu_s \cdot F_c$$

Sedangkan ketika benda bergerak gaya gesekannya menjadi :

$$F_f = \mu_k \cdot F_c$$

dengan  $\mu_s$  adalah koefisien gesekan statis dan  $\mu_k$  adalah koefisien gesekan dinamis.

### **2.3 Contoh contoh keterlibatan gaya dalam suatu garis.**

Dua gaya dikatakan berada pada satu garis jika mereka mempunyai arah yang sama atau berlawanan. Gaya  $F_1$  dan  $F_2$  dalam gambar 2.19 mempunyai arah yang sama, dan gambar 2.20 menunjukkan bahwa besar dari gayanya  $S = F_1 + F_2$  adalah sama dengan jumlah besar  $F_1$  dan  $F_2$ . Yang mana jika besar  $F_1$  adalah 8 lb dan besar  $F_2$  adalah 5 lb, besar  $S$  adalah 13 lb.

Jika dua gaya tidak berada pada satu garis, jumlah mereka tidak sama dengan nol baik itu penjumlahan ataupun selisih gaya-gaya individunya. Kita menunda pembahasan ini lebih dalam pada bagian 2.5 dan sekarang menganggap semua contoh persoalan gaya berada pada satu garis.

Sebagai contoh, anggap gambar 2.23, yang mana menunjukkan kepala pasien dengan leher ditarik. Suatu gaya dilakukan pada kepala dengan bantuan tali pengikat dagu supaya meletakkan daya tarikan pada struktur cervical. Tali pengikat dagu ditarik dengan suatu kawat melalui kerekan dan diletakkan berat 12 lb. dengan susunan ini berapa tegangan  $T_n$  dalam vertebrata berleher.

Tegangan  $T_c$  pada kawat adalah 12 lb. Karena berat 12 lb berada dalam keseimbangan, kawat harus mendesakkan gaya keatas 12 lb pada kawat untuk mengimbangi gaya gravitasi. Reaksi terhadap gaya keatas yang didesak oleh kawat pada beban adalah suatu gaya kebawah 12 lb yang didesak oleh beban pada kawat. Menurut definisi, tekanan  $T_c$  pada kawat adalah gaya sama besar pada ujung-ujung kawat sebesar 12 lb.

Karena gayanya sama pada masing-masing ujung, sehingga kepala harus mendesakkan suatu gaya 12 lb ke kanan kawat. Reaksinya adalah suatu gaya 12 lb ke kiri, didesak oleh kawat pada kepala. Seluruh penggunaan berat, kerekan, kawat, dan tali pengikat dagu melakukan gaya  $F_a$  pada kepala. Itu secara tak sengaja jelas untuk membaca bahwa apa yang dilakukan alat tarikan, tetapi diingat bahwa gaya gravitasi 12 lb beraksi hanya pada beban. Kita harus mengulang menggunakan hukum pertama dan ketiga (sifat 5 dan 3) untuk menyimpulkan bahwa gaya yang dilakukan pada kepala oleh kawat adalah juga 12 lb.

Dari semua ini, kita dapat menganalisa gaya pada kepala. Karena kepala berada dalam keseimbangan, gaya totalnya harus nol. Oleh karena itu harus ada gaya lain pada kepala yang sama dengan  $-F_a$ , ditunjukkan dalam gambar 2.24. Benda yang dapat melakukan gaya itu tidak lain adalah leher, sehingga kita menyimpulkan bahwa ada gaya kontak  $F_c = -F_a$  yang didesak pada kepala oleh leher. Reaksi terhadap  $F_c$  adalah gaya kontak  $R_c = -F_c = F_a$  yang kepala lakukan pada leher. Dengan menggunakan lagi hukum pertama dan ketiga kita menyimpulkan suatu gaya yang besarnya 12 lb menarik kekiri pada leher.

Karena juga leher berada dalam keseimbangan, ada gaya 12 lb yang mendesak ke kanan pada leher oleh spinal column. Leher jadi dalam tekanan, dan besarnya  $T_n$  adalah 12 lb.

## 2.4 Komponen Gaya

Kadang-kadang cocok untuk menggantikan sebuah gaya dalam dua persoalan gaya yang tegak lurus  $F_x$  dan  $F_y$  dimana jumlah vektor sama dengan  $F$ :

$$F = F_x + F_y$$

Gaya- gaya  $F_x$  dan  $F_y$  disebut komponen gaya  $F$ . Operasi mencari  $F_x$  dan  $F_y$  disebut memecah  $F$  dalam komponen-komponennya.

Misalnya, gambar 2.30 menunjukkan gaya  $F$  yang didesak oleh otot deltoid pada tulang lengan atas ketika lengan direntangkan. Dari studi x-ray didapat bahwa otot mendesak gaya kira-kira  $15^\circ$  terhadap tulang lengan atas. Gaya ini melakukan dua fungsi yang berbeda: (1) mendukung lengan melawan gaya gravitasi (2) menyeimbangkan persendian tulang dengan menarik tulang lengan atas terhadap tulang belikat. Besar gaya yang terlibat dalam setiap fungsi ini didapatkan dengan memecah  $F$  dalam komponen gaya yang sejajar dan tegak lurus lengan atas.

Adapun cara menentukan komponen-komponen gaya adalah

- *Menggunakan metode grafik.* Dilakukan dengan menggambar sketsa gaya  $F$  di atas suatu garis lurus horisontal dengan tanda arah panah menunjukkan arah gaya dan panjang arah panah menunjukkan besar gaya, dimana dilakukan dengan melakukan perbandingan skala. Kemudian memproyeksikannya pada arah horisontal dan vertikal secara manual. Metoda ini tidaklah efektif karena membutuhkan ketelitian tinggi dalam mensketsa panjang gaya.
- *Menggunakan metode trigonometri.* Dilakukan dengan menggunakan sifat trigonometri dengan garis miring gaya  $F$  dinyatakan dalam segitiga siku-siku. Komponen-komponen gaya diperoleh dengan memproyeksikan gaya  $F$  dalam arah horisontal dan vertikal menggunakan sifat trigonometri seperti sinus dan cosinus. Walaupun metode ini sedikit rumit, metode ini memiliki ketepatan tinggi dan praktis digunakan.

## 2.5 contoh terlibatan gaya dalam pesawat (bidang miring)

Suatu permasalahan yang khas dalam mekanika adalah menentukan gaya-gaya yang beraksi pada suatu benda yang diam. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menggunakan hukum pertama newton (sifat 5) dan hukum penjumlahan vektor gaya (sifat 4).

Dalam banyak soal-soal mekanika, dua atau lebih benda bersinggungan atau dihubungkan oleh tali atau pegas. Soal-soal macam itu dapat dipecahkan dengan memperlakukan setiap benda secara terpisah. Untuk masing-masing benda, sebuah diagram benda bebas digambarkan dan hukum kedua Newton diterapkan. Persamaan-persamaan yang dihasilkan kemudian dipecahkan secara serempak untuk mendapatkan gaya atau percepatan yang tak diketahui. Untuk sistem dua benda, gaya yang dikerjakan oleh benda pertama pada benda kedua harus sama dan berlawanan dengan gaya yang dikerjakan benda kedua pada benda pertama, seperti yang dinyatakan dalam hukum ketiga Newton.

Contoh klasiknya berupa menentukan besar dari gaya kontak dan gesekan yang beraksi pada balok yang diam pada bidang miring. Kemiringan balok tersebut  $25^\circ$ , dan gaya gravitasinya  $F_g$  terletak pada balok arahnya kebawah. Akibat gaya gravitasi ini muncul gaya permukaan  $F_s$ . Gaya permukaan  $F_s$  ini sejajar dengan gaya gravitasi namun berlawanan arah.

Oleh karena itu gaya kontak  $F_c$  dan gaya gesekan  $F_f$  merupakan komponen  $F_s$ , dimana gaya kontak  $F_c$  tegak lurus dengan bidang miring dan gaya gesekan  $F_f$  sejajar dengan bidang miring. Jumlah dari ketiga gaya ini haruslah nol: hukum penjumlahan vektor gaya (sifat 4).

Dari grafik didapatkan:

$$F_c = F_s \times \cos \theta = 8 \text{ lb} \times \cos 25^\circ = 7,25 \text{ lb}$$

$$F_f = F_s \times \sin \theta = 8 \text{ lb} \times \sin 25^\circ = 3,38 \text{ lb}$$

Dengan menggunakan persamaan 2.4

$$F_f \leq \mu_s F_c$$

$$3,38 \text{ lb} \leq \mu_s \times 7,25 \text{ lb}$$

$$\mu_s \geq \frac{3,38 \text{ lb}}{7,25 \text{ lb}} = 0,466$$

Ini berarti bahwa jika koefisien gesekan kurang dari 0,466, balok tidak diam pada papan dengan kemiringan  $25^\circ$ .

#### Aplikasi dalam Bidang Biologi

- ❖ Pemodelan gerak tubuh manusia

Dalam mekanika gaya merupakan konsep yang digunakan dalam menerangkan interaksi fisik dari objek dengan sekelilingnya sehingga dapat menyebabkan perubahan dari suatu bentuk ke bentuk lainnya sehingga terjadi percepatan pada benda itu.

**Dalam bidang biologi** adalah interaksi otot dengan gaya dari lingkungan sekitar manusia dapat terjadinya gerakan oleh manusia. Akan tetapi untuk keperluan analisa gaya yang terlibat pada sendi dan otot pada suatu gerakan tertentu, pendekatan yang terbaik adalah dengan memprediksi kelompok otot yang mana yang paling aktif dan mengabaikan kelompok otot-otot yang lain