

BAB I. PENDAHULUAN

Mekanika :

Ilmu yang mempelajari dan meramalkan kondisi benda diam atau bergerak akibat pengaruh gaya yang bereaksi pada benda tersebut.

Dibedakan:

1. Mekanika benda tegar (*mechanics of rigid bodies*)
2. Mekanika benda berubah bentuk (*mechanics of deformable*)
3. Mekanika fluida (*mechanics of fluids*)

1.1. Mekanika benda tegar :

- Statika : mempelajari benda dalam keadaan diam.
- Dinamika : mempelajari benda dalam keadaan bergerak.

Pada benda tegar tidak pernah benar-benar tegar, melainkan tetap mengalami deformasi akibat beban yang diterima tetapi umumnya deformasi kecil, sehingga tidak mempengaruhi kondisi keseimbangan atau gerakan struktur yang ditinjau maka diabaikan.

Fokus Mekanika Teknik :

Mempelajari benda tegar dalam keadaan diam

Prinsip Dasar (6 hukum utama)

1. Hukum Paralelogram

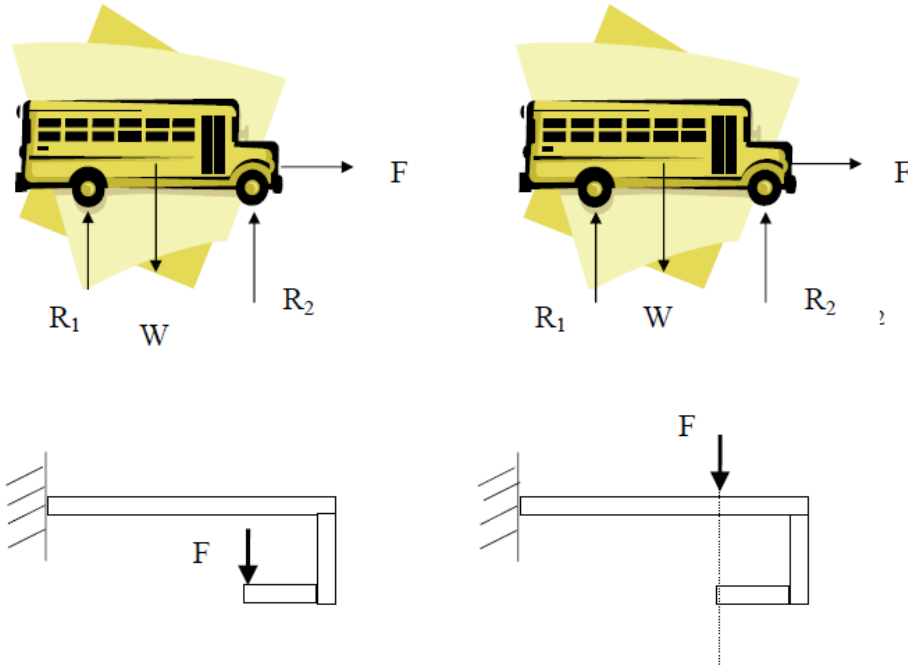
Dua buah gaya yang bereaksi pada suatu partikel, dapat digantikan dengan satu gaya (gaya resultan) yang diperoleh dengan menggambarkan diagonal jajaran genjang dengan sisi kedua gaya tersebut.

Dikenal juga dengan **Hukum Jajaran Genjang**

2. Hukum Transmisibilitas Gaya)

Kondisi keseimbangan atau gerak suatu benda tegar tidak akan berubah jika gaya yang bereaksi pada suatu titik diganti dengan gaya lain yang sama besar dan arahnya tapi bereaksi pada titik berbeda, asal masih dalam garis aksi yang sama.

Dikenal dengan **Hukum Garis Gaya**



3. Hukum I Newton :

Bila resultan gaya yang bekerja pada suatu partikel sama dengan nol (tidak ada gaya), maka partikel diam akan tetap diam dan atau partikel bergerak akan tetap bergerak dengan kecepatan konstan.

Dikenal dengan **Hukum Kelembaman**

4. Hukum II Newton :

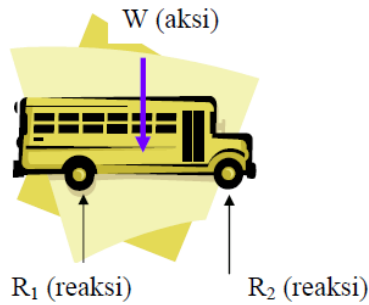
Bila resultan gaya yang bekerja pada suatu partikel tidak sama dengan nol partikel tersebut akan memperoleh percepatan sebanding dengan besarnya gaya resultan dan dalam arah yang sama dengan arah gaya resultan tersebut. Jika F diterapkan pada massa m , maka berlaku:

$$\Sigma \mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$$

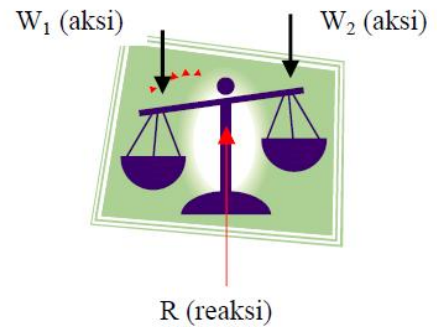
dimana : F = Gaya pd partikel
 m = massa partikel
 a = percepatan partikel akibat gaya

5. Hukum III Newton :

Gaya aksi dan reaksi antara benda yang berhubungan mempunyai besar dan garis aksi yang sama, tetapi arahnya berlawanan.



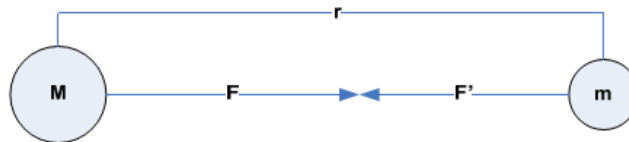
Aksi = Reaksi



6. Hukum Gravitasi Newton :

Dua partikel dengan massa M dan m akan saling tarik menarik yang sama dan berlawanan dengan gaya F dan F', dimana besar F dinyatakan dengan :

$$F = G \frac{M \cdot m}{r^2}$$



G : konstanta gravitasi
r : jarak M dan m

Sistem Satuan

Mengacu pada Sistem Internasional (SI)

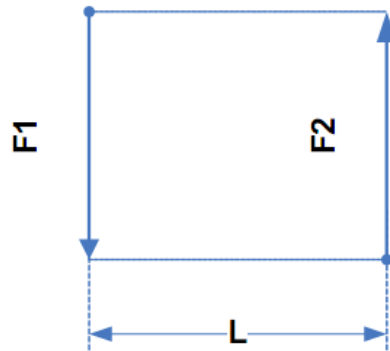
- Kecepatan : m/s
- Gaya : N
- Percepatan : m/s²
- Momen : N m atau Nmm
- Massa : kg
- Panjang : m atau mm
- Daya : W
- Tekanan : N/m² atau pascal (Pa)
- Tegangan : N/mm² atau MPa

1.2. Statika Benda Tegar

Benda tegar : elemen yang tidak berubah bentuk.

1. Kopel

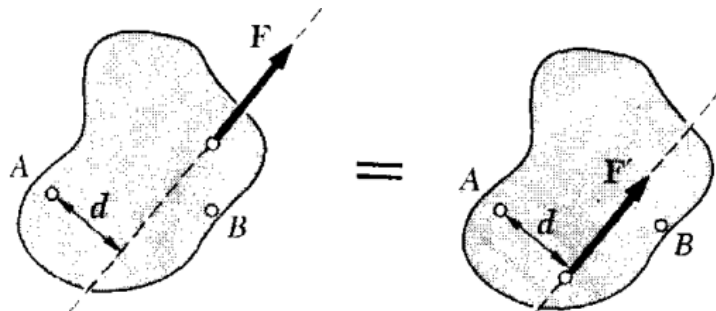
Kombinasi 2 buah gaya yang sama besar, garis aksi sejajar arah saling berlawanan.



2. Momen

Kecenderungan suatu gaya untuk memutar benda tegar sekitar sebuah sumbu diukur oleh momen gaya terhadap sumbu tersebut.

Misal :



Momen M_A dari suatu gaya F terhadap suatu sumbu melalui A atau momen F terhadap A , didefinisikan sebagai : perkalian besar gaya F dengan jarak tegak lurus d dari A ke garis aksi F .

$$M_A = F \cdot d$$

Satuan dalam SI adalah : Nm atau Nmm

Teorema Varignon

Momen sebuah gaya terhadap setiap sumbu, sama dengan jumlah momen komponen gaya (F_x , F_y), terhadap sumbu yang bersangkutan.

Momen dihitung dengan cara mengalikan gaya jarak terhadap satu pusat momen.

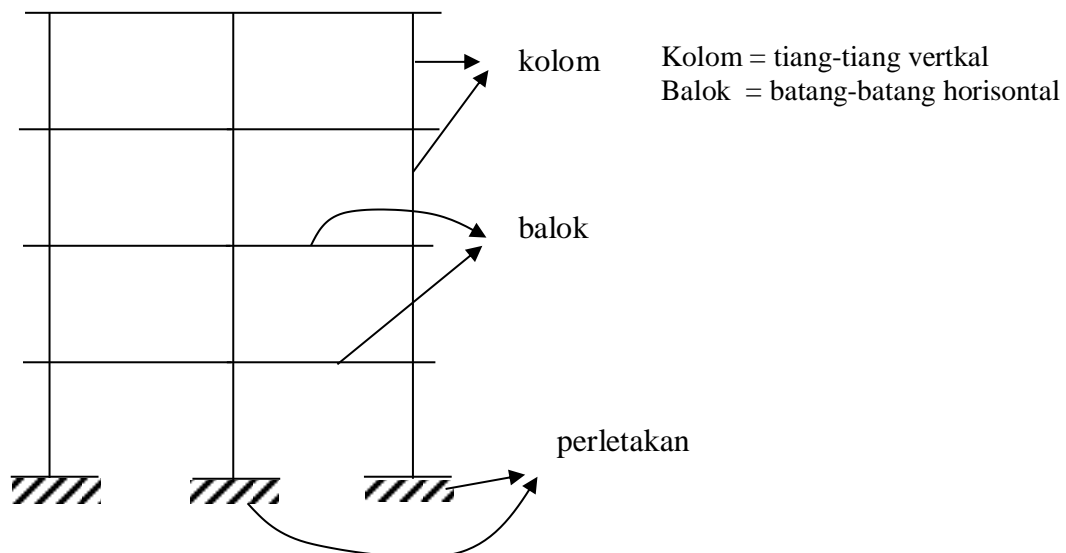
- Gaya harus tegak lurus terhadap sumbu momen.
- Jika tidak tegak lurus, maka harus dicari komponen gaya tegak lurus, baik F_x maupun F_y .

1.3. Penggambaran Struktur Dalam Mekanika Teknik

Dalam disiplin ilmu teknik arsitektur dimana mahasiswa akan diajak bicara tentang bangunan gedung, jembatan dan lain sebagainya, maka mahasiswa perlu tahu bagaimana cara penggambarannya dalam mata kuliah mekanika teknik, apa itu beban, balok, kolom, reaksi, gaya dalam dan bagaimana cara penggambarannya dalam mata kuliah mekanika teknik.

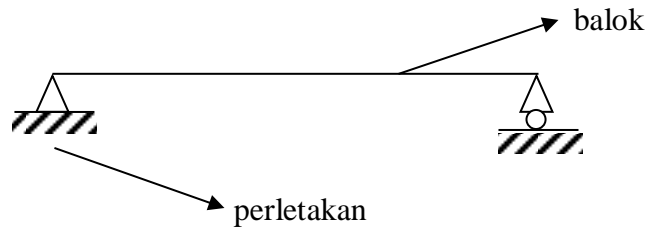
Contoh :

- a. bentuk gedung bertingkat dalam penggambaran di mekanika teknik



Gambar 1. Gambar portal gedung bertingkat dalam mekanika teknik

b. bentuk jembatan sederhana dalam penggambarannya di mekanika teknik.



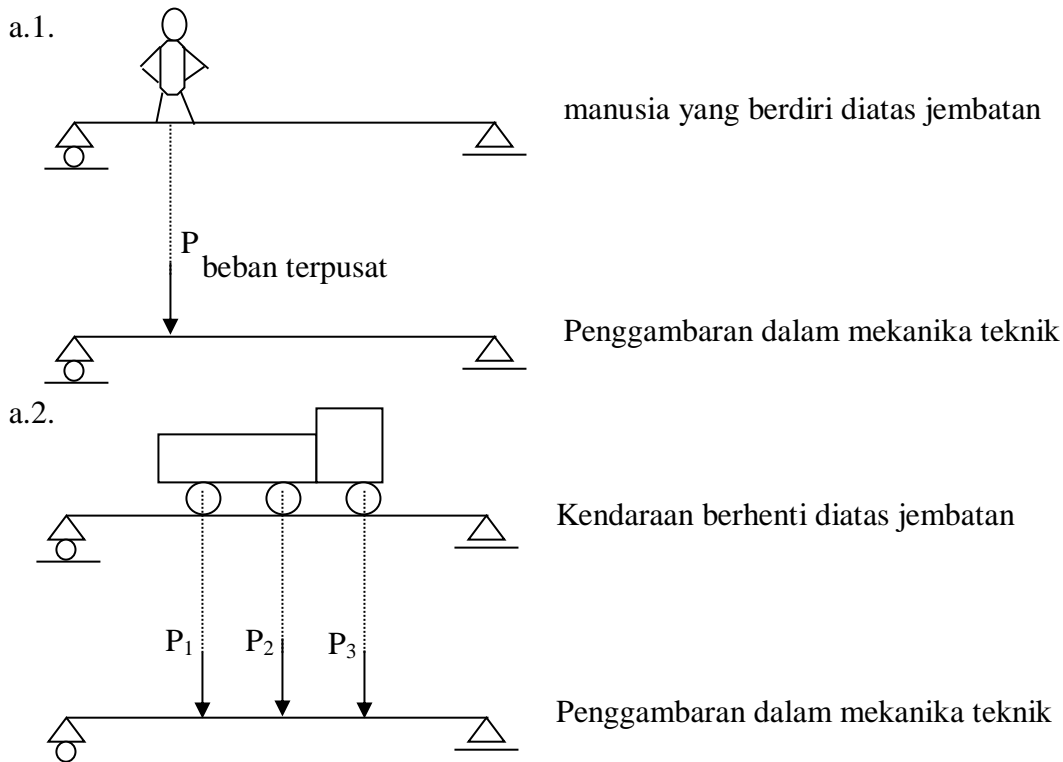
Gambar 2. Gambar jembatan dalam mekanika teknik

▪ **Beban**

Didalam suatu struktur pasti ada beban, beban yang bisa bergerak umumnya disebut beban hidup misal : manusia, kendaraan, dan lain sebagainya. Beban yang tidak dapat bergerak disebut beban mati, misal : meja, peralatan dan lain sebagainya. Ada beberapa macam beban yaitu beban terpusat dan beban terbagi rata.

a. Beban terpusat

Beban terpusat adalah beban yang terkonsentrasi di suatu tempat.



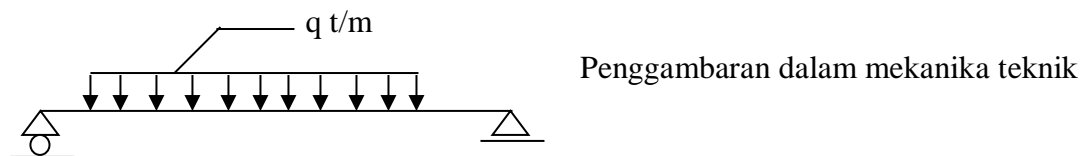
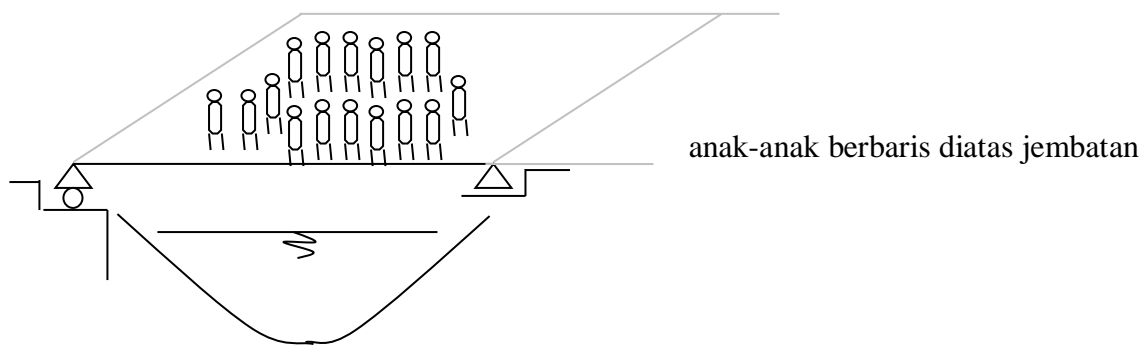
Gambar 3. Gambar beban terpusat dalam mekanika teknik

Notasi beban terpusat = P

Satuan beban terpusat = ton, kg, Newton, dan lain sebagainya,

b. Beban terbagi rata

Beban terbagi rata adalah beban yang tersebar secara merata baik ke arah memanjang maupun ke arah luas.



Notasi beban terbagi rata = q

Satuan beban terbagi rata = ton/m, kg/cm

Newton/m dan lain sebagainya.

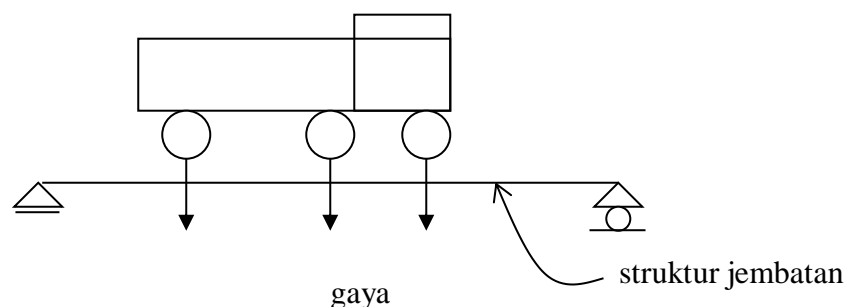
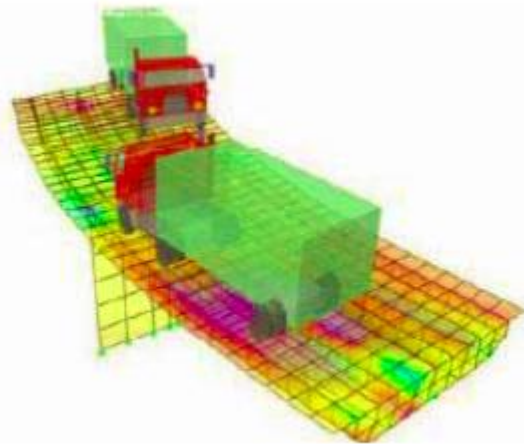
Gambar 4. Penggambaran beban terbagi rata dalam mekanika teknik

BAB II. GAYA – GAYA DAN KESEIMBANGAN GAYA

2.1. Pendahuluan

Gaya serta sifat-sifatnya perlu difahami dalam ilmu Mekanika Teknik karena dalam ilmu tersebut, mayoritas membicarakan tentang gaya, sedang Mekanika Teknik adalah merupakan mata kuliah dasar keahlian yang perlu dimengerti oleh semua sarjana Teknik Sipil. Jadi dengan memahami sifat-sifat gaya, mahasiswa akan lebih mudah memahami permasalahan yang terjadi di pelajaran Mekanika Teknik. Misal pada suatu jembatan, kendaraan yang lewat adalah merupakan suatu beban luar yang ditampilkan dalam bentuk gaya. Contoh :

- Suatu kendaraan yang terletak diatas jembatan
- Beban roda kendaraan pada jembatan tersebut adalah suatu beban atau gaya.



Gaya adalah sesuatu yang menyebabkan deformasi pada suatu struktur. Gaya mempunyai besaran dan arah, digambarkan dalam bentuk vektor yang arahnya

ditunjukkan dgn anak-panah, sedangkan panjang vektor digunakan untuk menunjukkan besarnya

2.2.Pengertian tentang Gaya dan Garis Kerja gaya

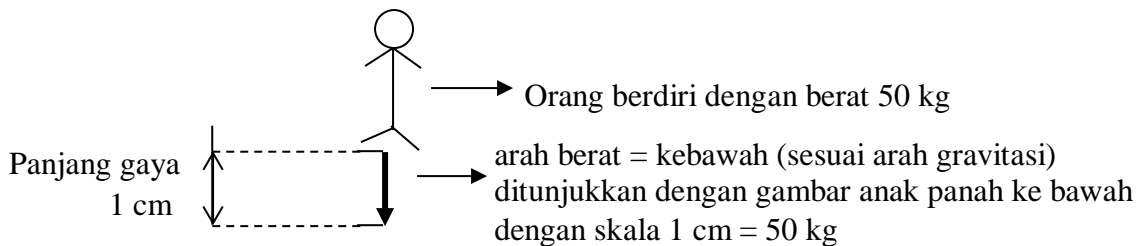
Gaya adalah merupakan vektor yang mempunyai besar dan arah. Penggambarannya biasanya berupa garis dengan panjang sesuai dengan skala yang ditentukan. Jadi panjang garis bisa dikonversikan dengan besarnya gaya.

Sistem Gaya

- Gaya merupakan aksi sebuah benda terhadap benda lain dan umumnya ditentukan oleh titik tangkap (kerja), besar dan arah.
- Sebuah gaya mempunyai besar, arah dan titik tangkap tertentu yang digambarkan dengan anak panah. Makin panjang anak panah maka makin besar gayanya.

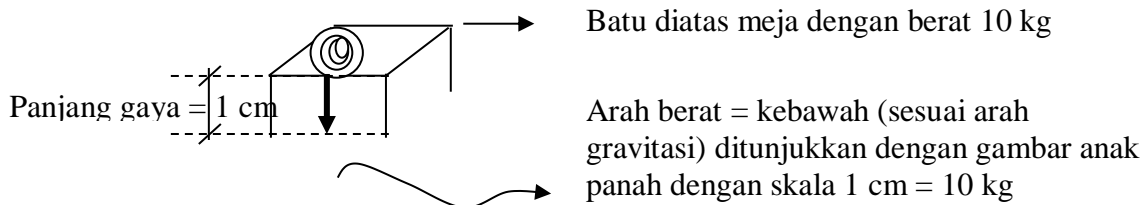
.....  garis kerja gaya

Contoh 1



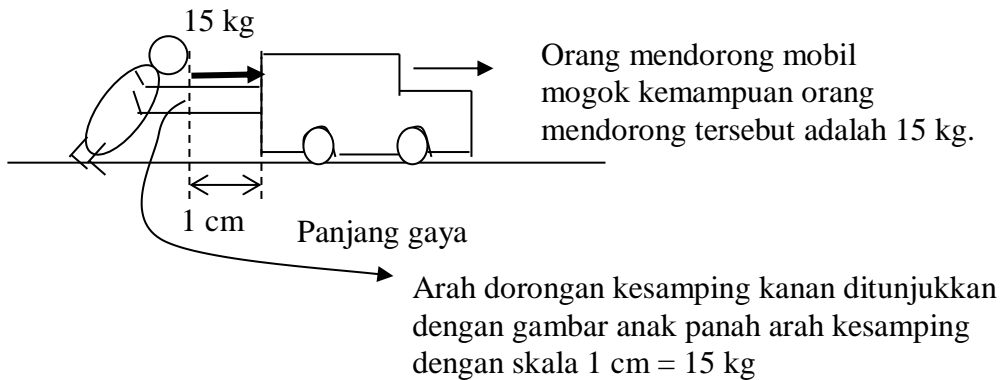
Jadi 50 kg adalah gaya yang diakibatkan oleh orang berdiri tersebut dengan arah gaya ke bawah yang diwakili sebagai gambar anak panah dengan panjang 1 cm karena panjang 1 cm setara dengan berat 50 kg.

Contoh 2



Jadi 10 kg adalah gaya yang diakibatkan oleh batu yang menumpu di atas meja dengan arah gaya ke bawah yang diwakili sebagai gambar anak panah dengan panjang 1 cm karena panjang 1 cm setara dengan gaya 10 kg.

Contoh 3

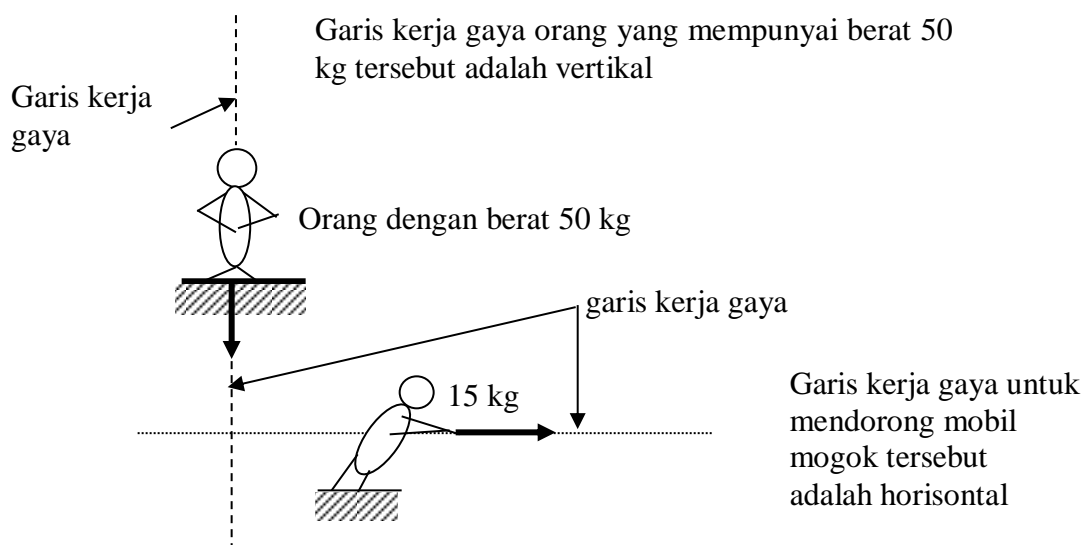


Jadi 15 kg adalah gaya yang diberikan oleh orang untuk mendorong mobil mogok dengan arah kesamping kanan, yang diwakili sebagai gambar anak panah dengan panjang 1 cm karena 1 cm setara dengan 15 kg.

A. Garis kerja gaya adalah garis lurus yang melewati gaya

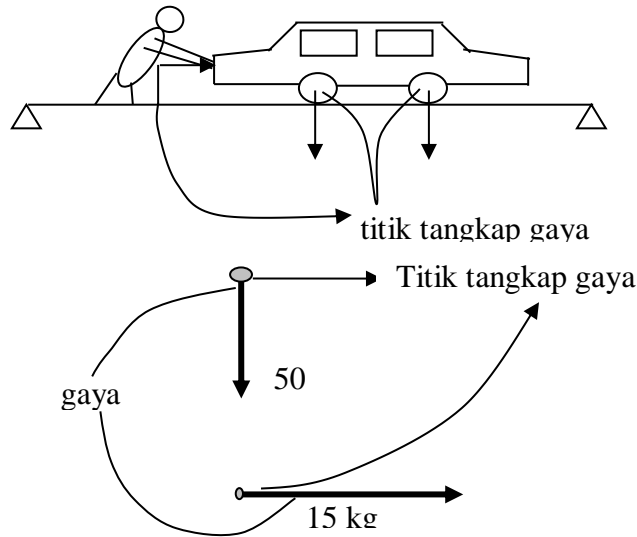
Seperti contoh di bawah :

Contoh : Garis kerja gaya orang yang mempunyai berat 50 kg



B. Titik tangkap gaya adalah titik awal bermulanya gaya tersebut.

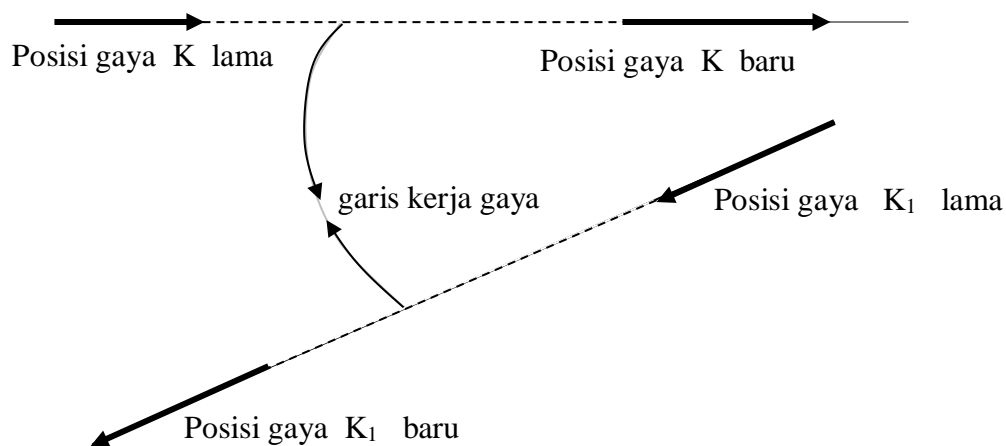
Contoh : mobil mogok diatas jembatan, roda mobil serta tumpuan tangan orang yang mendorong adalah merupakan titik tangkap gaya.



2.3. Sifat Gaya

Gaya dan titik tangkap gaya bisa dipindah-pindahkan asal masih dalam daerah garis kerja gaya

Contoh : dalam gambar K dan K1 adalah merupakan gaya.



Gambar 3. garis kerja gaya

2.4. Jenis-Jenis Gaya

Jenis – jenis gaya sebagai berikut :

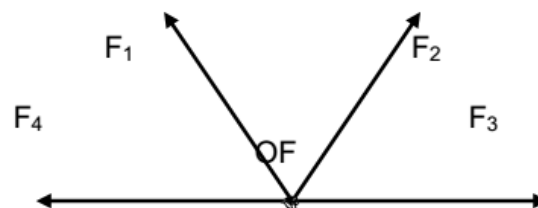
1. Gaya Kolinier :

Gaya-gaya yang garis kerjanya terletak pada satu garis lurus



2. Gaya Konkuren

Gaya-gaya yang garis kerjanya berpotongan dalam satu titik



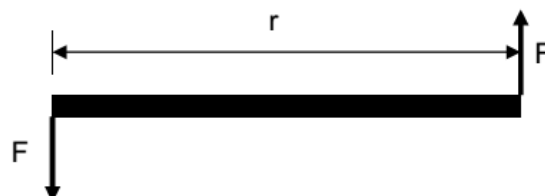
3. Gaya Koplanar

Gaya-gaya yang garis kerjanya terletak dalam satu bidang

4. Gaya Kopler

Sepasang gaya yang sejajar sama besar dan berlawanan arah yang bekerja pada suatu batang (benda), akan menimbulkan menimbulkan kopel (momen) pada batang tersebut.

$M = F \times r$ dengan F adalah gaya dan r adalah jarak antar gaya



Resultan Gaya

Sebuah gaya yang menggantikan 2 gaya atau lebih yang mengakibatkan pengaruh yang sama terhadap sebuah benda, dimanagaya-gaya itu bekerja disebut dengan **resultan gaya**.

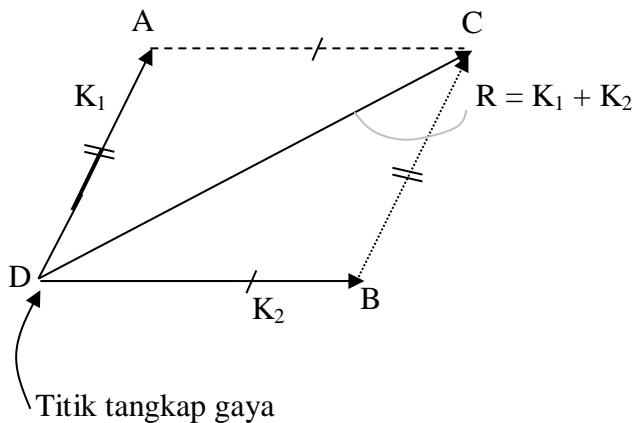
2.5. Penjumlahan Gaya

Penjumlahan gaya bisa dilakukan secara analitis maupun grafis.

A. Penjumlahan secara grafis

1. Metode Jajaran Genjang (Hukum Paralelogram)

Penjumlahan 2 gaya yang mempunyai titik tangkap yang sama, jadi gaya-gaya tersebut sebidang, bisa secara langsung dijumlahkan secara grafis.



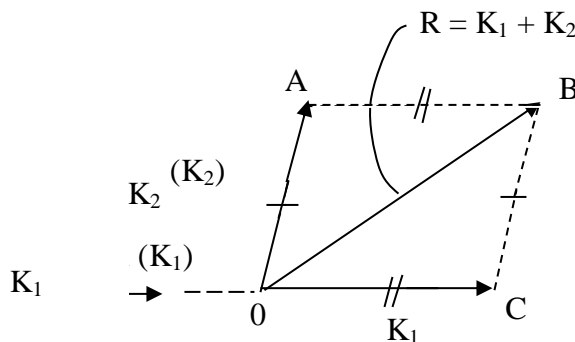
- K_1 , K_2 adalah gaya-gaya yang akan dijumlahkan

Urut-urutan penjumlahan

- Buat urutan penjumlahan garis sejajar dengan K_1 dan K_2 di ujung gaya, (K_1 diujung K_2 dan sehingga K_2 diujung K_1) membentuk bentuk jajaran genjang D.A.C.B
- Salah satu diagonal yang panjang tersebut yaitu R adalah merupakan jumlah dari K_1 dan K_2

2. Penjumlahan 2 gaya yang sebidang, tapi titik tangkapnya tidak sama..

Gaya-gaya tersebut bisa dipindahkan sepanjang garis kerja gaya.



- K_1 dan K_2 adalah gaya-gaya yang akan dijumlahkan.
- 2 gaya tersebut tidak mempunyai titik tangkap yang sama, tapi masih sebidang.

Gambar 2.1. Penjumlahan gaya secara grafis, yang titik tangkapnya tidak sama

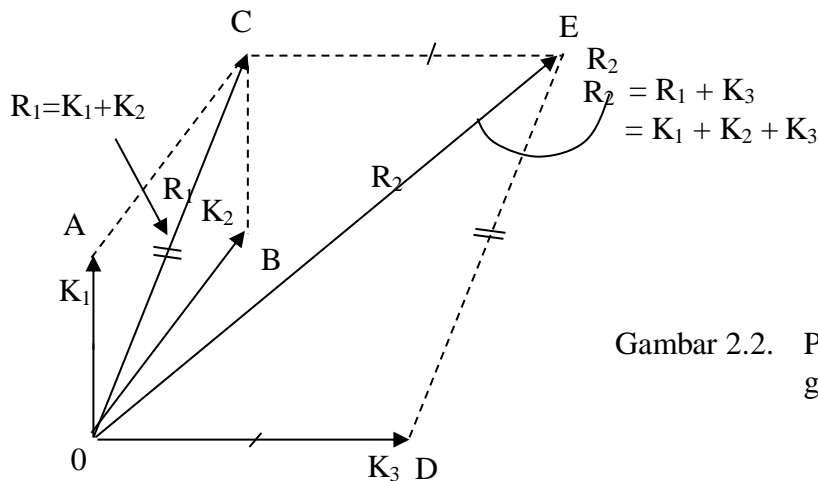
Urutan-urutan penjumlahan

- Gaya K_1 dipindah searah garis kerja gaya sampai garis kerja gaya K_1 bertemu dengan garis kerja gaya K_2 , pertemuannya di titik 0.

- Buat garis-garis sejajar gaya K_1 dan K_2 di ujung-ujung gaya yang berlainan sehingga membentuk suatu jajaran genjang, OABC
- Salah satu diagonal yang terpanjang (R) adalah merupakan jumlah dari K_1 dan K_2 .

3. Penjumlahan 3 gaya yang mempunyai titik tangkap tunggal.

Penjumlahan tersebut bisa dilakukan secara bertahap



Gambar 2.2. Penjumlahan 3 gaya secara grafis

- K_1 , K_2 dan K_3 adalah gaya-gaya yang akan dijumlahkan dengan titik tangkap tunggal.

Urut-urutan penjumlahan.

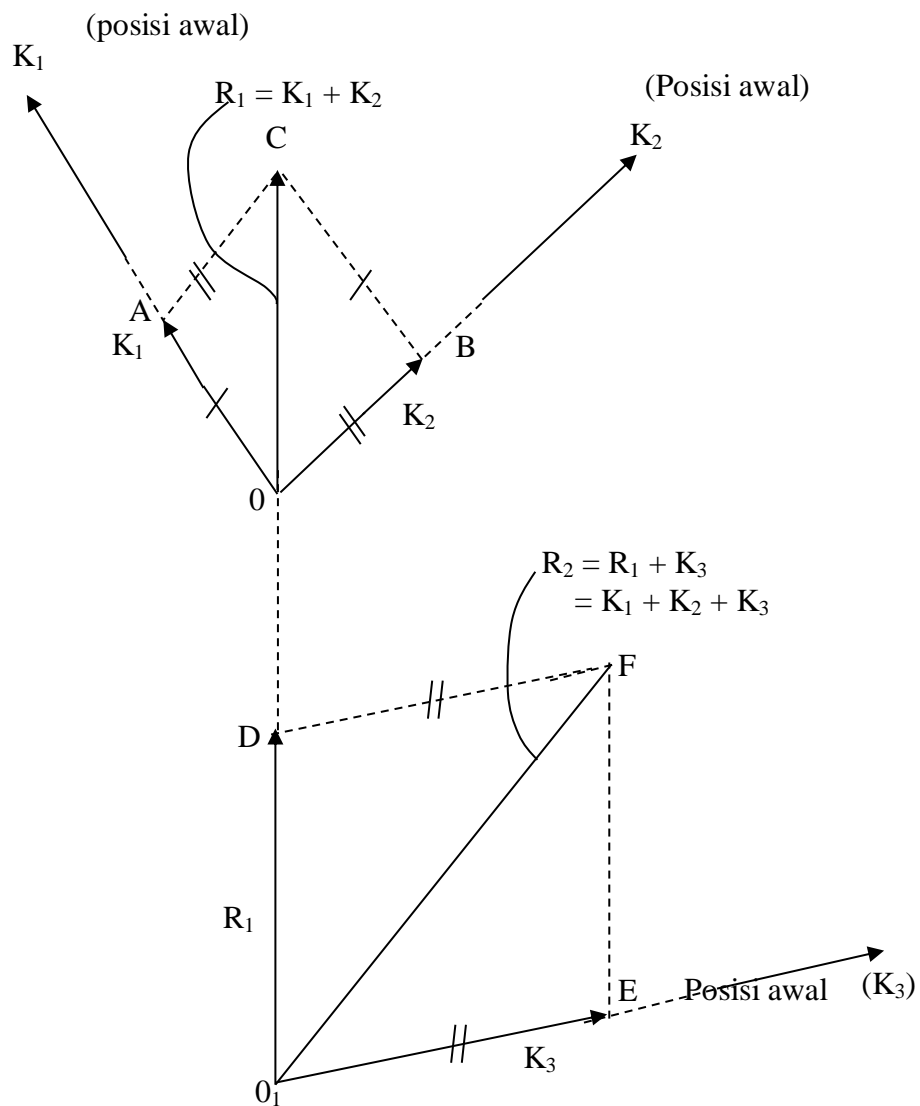
- Jumlahkan dulu K_1 , K_2 dengan cara membuat garis sejajar dengan gaya-gaya tersebut (K_1 , K_2) di ujung-ujung gaya yang berlainan sehingga membentuk suatu jajaran genjang OACB
- Salah satu diagonal terpanjang yaitu R_1 adalah merupakan jumlah $K_1 + K_2$
- Buat garis sejajar K_3 dan R_1 di ujung gaya-gaya yang berlainan sehingga membentuk jajaran genjang OCED
- Salah satu diagonal terpanjang (R_2) adalah jumlah dan R_1 dan K_3 sehingga sama dengan jumlah antara K_1 , K_2 dan K_3 .

4. Penjumlahan 3 gaya yang tidak mempunyai titik tangkap tunggal.

- Penjumlahan tersebut dilakukan secara bertahap
- Titik tangkap gaya bisa dipindahkan sepanjang garis kerja gaya.

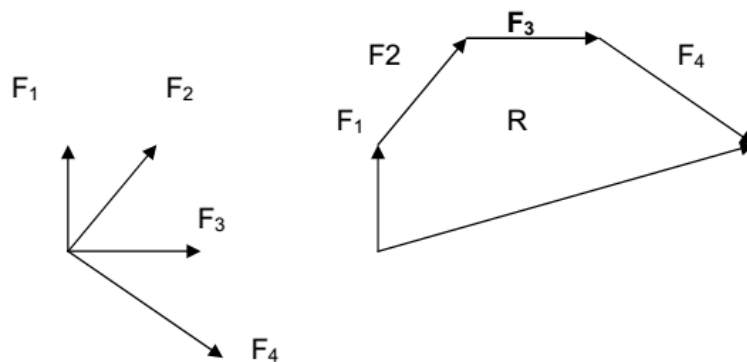
Urut-urutan penjumlahan

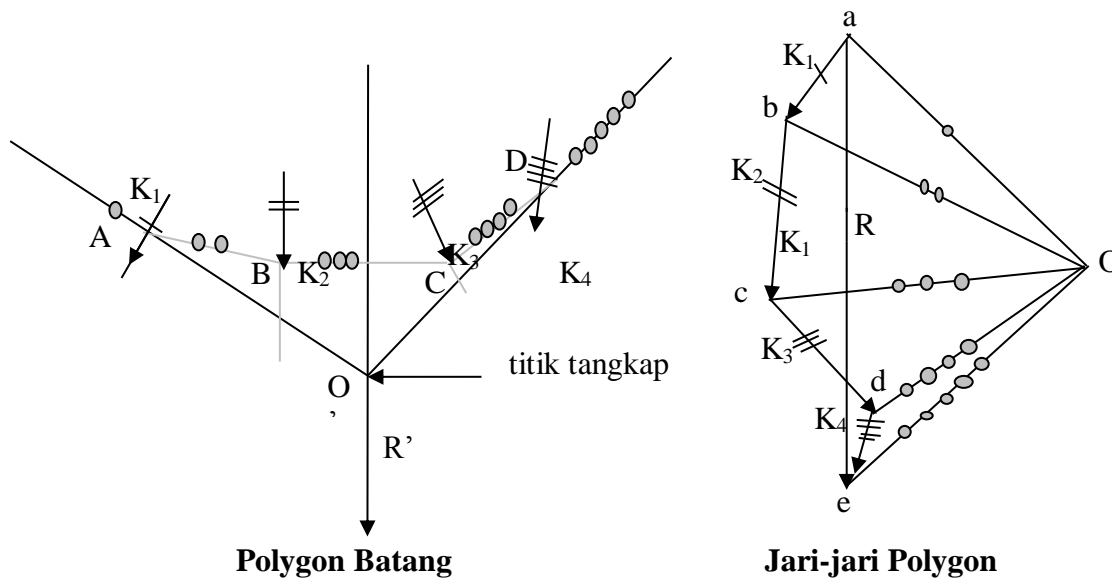
- K_1 , K_2 dan K_3 adalah gaya-gaya yang akan dijumlahkan.
- Kerjakan dulu penjumlahan antara K_1 dan K_2 dengan cara :
- Tarik gaya K_1 dan K_2 sehingga titik tangkapnya bertemu pada satu titik di O.
- Buat garis sejajar K_1 dan K_2 pada ujung-ujung gaya yang berlainan sehingga membentuk jajaran genjang OACB
- Salah satu diagonal yang terpanjang yaitu R_1 adalah merupakan jumlah dari K_1 dan K_2 .
- Tarik gaya R_1 dan K_3 sehingga titik tangkapnya bertemu pada titik di O_1
- Buat garis sejajar R_1 dan K_3 melalui ujung gaya yang berlainan sehingga membentuk jajaran genjang $O_1, D F E$, salah satu diagonal yang terpanjang adalah R_2 yang merupakan jumlah antara R_1 dan K_3 berarti jumlah antara K_1 dan K_2 dan K_3 .



Gambar 2.3. Penjumlahan 3 gaya yang tidak mempunyai titik tunggal, secara grafis

5. Metode Poligon Gaya





Gambar 2.4. Polygon batang dan jari-jari polygon

- Gaya K_1 , K_2 , K_3 dan K_4 adalah gaya-gaya yang mau dijumlahkan
- Untuk pertolongan, perlu dibuat jari-jari polygon (lihat gambar) dengan cara sebagai berikut :
 - buat rangkaian gaya K_1 , K_2 , K_3 dan K_4 secara berurutan dimana tiap-tiap gaya sejajar dengan gaya aslinya (pada gambar jari-jari polygon).
 - pangkal gaya K_1 dan ujung gaya K_4 merupakan jumlah (resultante) gaya K_1 , K_2 , K_3 dan K_4 yaitu R , yang diwakili oleh garis sepanjang a-e tapi letak titik tangkapnya belum betul.
 - Ambil titik 0 sembarang di daerah sekitar R
 - Tarik garis dari 0 ke ujung-ujung gaya sehingga ketemu titik a, b, c, d, dan e, garis - garis tersebut diberi tanda titik satu buah sampai lima buah pada garis tersebut. Garis-garis tersebut dinamakan jari-jari polygon.

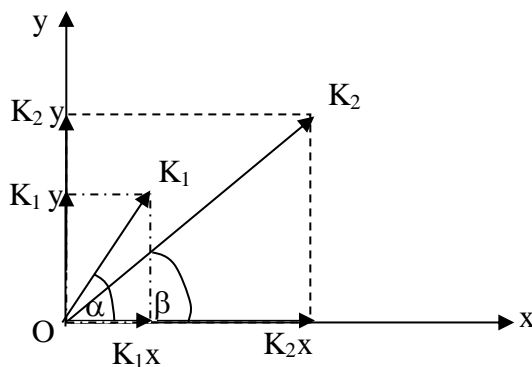
CATATAN

- Penggunaan poligon gaya, gaya-gaya yang dipindahkan harus mempunyai besar, arah dan posisi yang sama dengan sebelum dipindahkan.
- Untuk menghitung besarnya R dapat dilakukan secara grafis (diukur) dengan skala gaya yang telah ditentukan sebelumnya.

B. Penjumlahan secara analitis

Dalam penjumlahan secara analitis kita perlu menentukan titik pusat (salib sumbu) koordinat, yang mana biasanya sering dipakai adalah sumbu oxy. Didalam salib sumbu tersebut gaya-gaya yang akan dijumlahkan, diproyeksikan.

1. Penjumlahan 2 gaya yang mempunyai titik tangkap tunggal



- K_1 dan K_2 adalah gaya-gaya yang akan dijumlahkan dimana mempunyai titik tangkap tunggal di O ; α adalah sudut antara K_1 dengan sumbu ox
 β adalah sudut antara K_2 dengan sumbu ox
- K_1 dan K_2 diuraikan searah dengan sumbu x dan y

Gambar 8. Penjumlahan gaya secara analitis

$$\begin{aligned} K_{1x} &= K_1 \cos \alpha & ; & & K_{2x} &= K_2 \cos \beta \\ K_{1y} &= K_1 \sin \alpha & ; & & K_{2y} &= K_2 \sin \beta \end{aligned}$$

Semua komponen yang searah ox dijumlahkan demikian juga yang searah dengan oy.

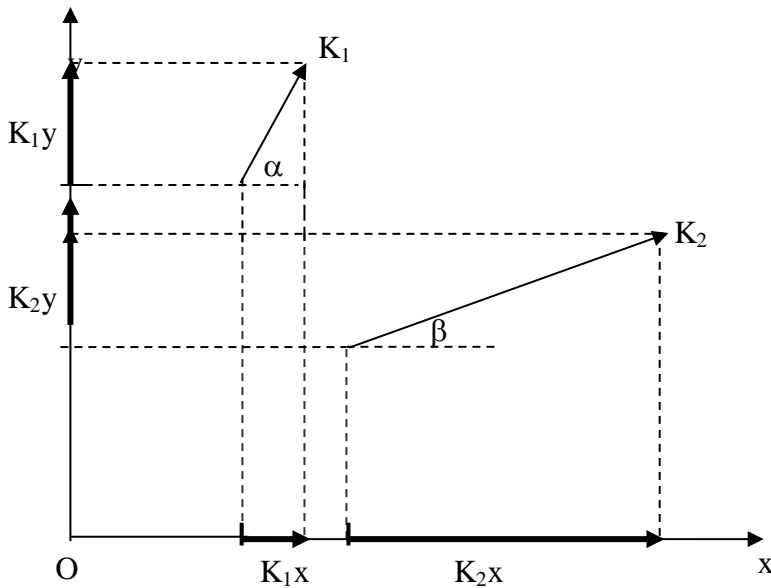
$$R_x = K_{1x} + K_{2x} \qquad R_x = \sum K_x$$

$$R_y = K_{1y} + K_{2y} \qquad R_y = \sum K_y$$

Jumlah gaya total yang merupakan penjumlahan secara analitis dari komponen-komponen tersebut adalah :

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

2. Penjumlahan 2 gaya dengan letak titik tangkap berbeda



Gambar 2.5. Penjumlahan gaya dengan titik tangkap berbeda, secara analitis

- K_1 dan K_2 adalah gaya-gaya yang akan dijumlahkan dengan letak titik tangkap berbeda.

K_1 membentuk sudut α dengan sumbu ox

K_2 membentuk sudut β dengan sumbu ox.

- K_1 dan K_2 diuraikan searah dengan sumbu x dan y

$$K_{1x} = K_1 \cos \alpha ; K_{2x} = K_2 \cos \beta$$

$$K_{1y} = K_1 \sin \alpha ; K_{2y} = K_2 \sin \beta$$

Semua Komponen yang searah ox dijumlahkan demikian juga yang searah oy.

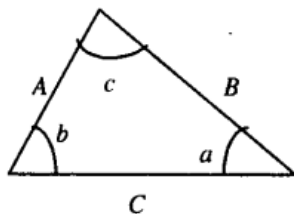
$$R_x = K_{1x} + K_{2x} \quad R_x = \sum K_x$$

$$R_y = K_{1y} + K_{2y} \quad R_y = \sum K_y$$

Jumlah gaya-gaya total yang merupakan penjumlahan secara analitis dari komponen-komponen tersebut adalah :

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

3. Penjumlahan 2 gaya dengan aturan segitiga



Hukum cosinus

$$\frac{A}{\sin a} = \frac{B}{\sin b} = \frac{C}{\sin c}$$

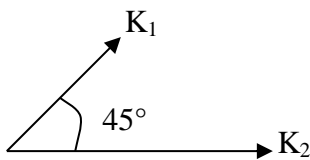
$$C = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB \cos c}$$

2.6. Rangkuman

- Gaya adalah suatu besaran vektor yang mempunyai besar dan arah serta diketahui letak titik tangkapnya.
- Gaya bisa dipindah-pindah sepanjang garis kerja gaya
- Penjumlahan gaya-gaya bisa dilakukan secara grafis ataupun analitis.
- Penjumlahan gaya lebih dari 4 buah bisa memakai cara grafis dengan bantuan polygon batang.

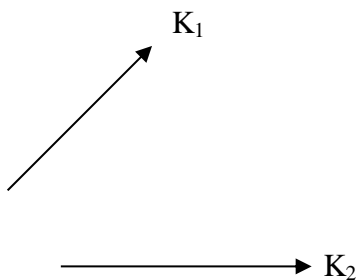
2.7. Latihan Soal

1.



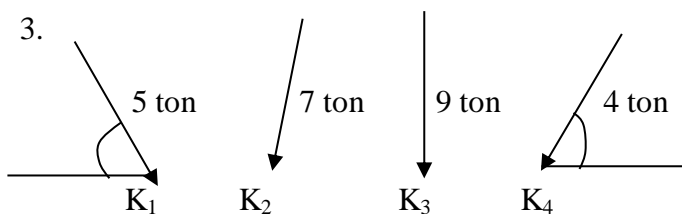
Dua gaya yang mempunyai titik tangkap yang sama seperti seperti pada gambar. $K_1 = 5$ ton dan $K_2 = 7$ ton, sudut yang dibentuk antara 2 gaya tersebut adalah 45° . Cari besarnya jumlah gaya-gaya tersebut (R) baik secara analitis maupun grafis

2.



Dua gaya K_1 dan K_2 tidak mempunyai titik tangkap yang sama
 $K_1 = 10$ ton dan $K_2 = 4$ ton
Garis kerja ke dua gaya tersebut bertemu dan membentuk sudut 60°

Cari besarnya jumlah gaya-gaya tersebut (R) baik secara analitis maupun garfis.



Empat gaya K_1 , K_2 , K_3 dan K_4 , dengan besar dan arah seperti pada gambar

Cari besar dan arah jumlah gaya-gaya tersebut (R) dengan cara polygon batang.