BAB III SISTEM GAYA DAN KESEIMBANGAN

3.1. <u>Sistem Gaya</u>

3.1.1. Pengertian

Gaya (F) adalah besaran yang bekerja pada suatu benda yang dapat menyebabkan benda tersebut mengalami perpindahan (*displacement*) maupun perubahan bentuk atau deformasi (*deformation*).

Perpindahan (*displacement*) adalah perubahan benda dari titik awal ke titik akhir, biasanya dapat diukur secara kasar/kasat mata.

Deformasi bisa dibagi menjadi :

1. **Translasi** :

   Perubahan yang terjadi karena ketidakseragaman perpindahan antara titik-titik bermateri bersebelahan akibat gaya yang bekerja searah translasi tersebut.

   Biasanya pengukuran dengan menggunakan besaran **regangan**.

2. **Rotasi** :

   Perubahan yang terjadi karena ketidakseragaman perpindahan atau akibat gaya yang bekerja pada jarak tertentu dari titik tangkap yang ditinjau.

   Istilah lain dari rotasi ini adalah **MOMEN**.

3.1.2. Hukum Newton

Konsep gaya dibahas tuntas oleh Varginon dan Newton.

Hukum I,II, II Newton merupakan dasar dari konsep gaya, yang dinyatakan dengan rumus:

Hukum Newton I	:	$\sum F = 0$	(3.1)
Hukum Newton II	:	$\sum F = m.a$	(3.2)
Hukum Newton III	:	$F_{aksi} = - F_{reaksi}$	(3.3)

3.1.3. Penjumlahan Sistem Gaya

Bahasan mengenai penjumlahan sistem gaya tidak dapat dilepaskan dengan **besaran vektor**. Pada dasarnya besaran dapat dibagi menjadi:

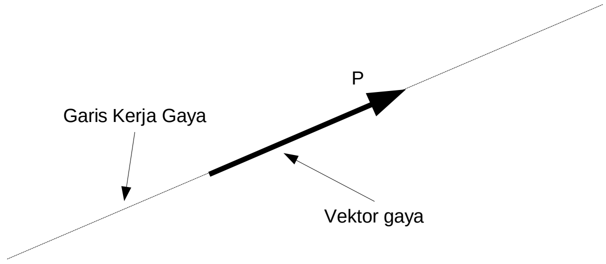
1. Besaran Skalar
2. Besaran Vektor

Besaran skalar dikarakteristikkan dengan besarnya saja
contoh : volume, panjang, massa, waktu

Besaran vektor dikarakteristikkan dengan besar dan arah
contoh : gaya, berat.

Besaran vektor dapat dinyatakan dengan *garis*, dimana arah garis menunjukkan arah vektor dan panjang garis menunjukkan besarnya vektor.

Garis kerja gaya : Garis yang panjangnya tak tentu searah dan berimpit dengan vektor aya tersebut.



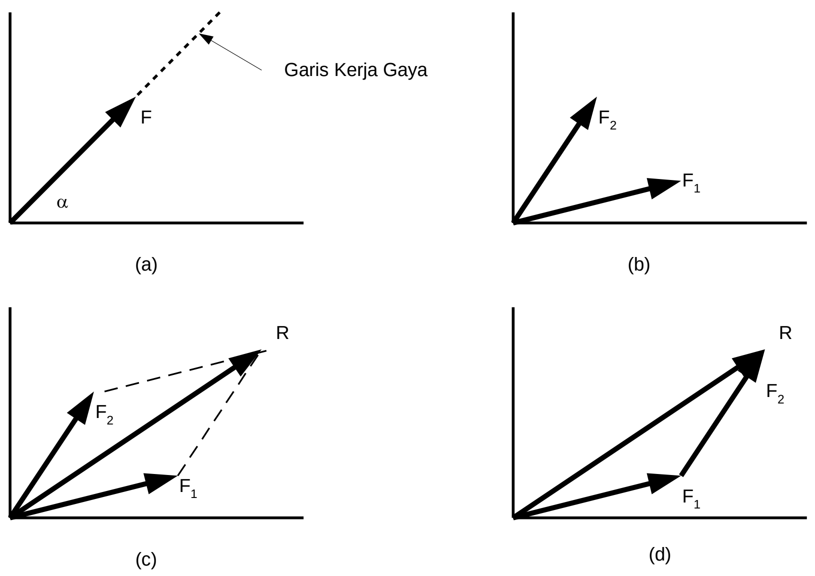
Gambar 3.1. Vektor Gaya dan Garis Kerja Gaya

Hukum Jajaran Genjang dapat digunakan pada :

1. **<u>Penjumlahan sistem gaya</u>** , yaitu :

Apabila ada dua garis kerja gaya berpotongan, maka ada satu gaya yang disebut Resultan, yang ekivalen dengan kedua gaya tersebut, yang dapat dinyatakan dengan diagonal jajaran genjang yang dibentuk oleh kedua vektor gaya tersebut.

Cara ini menurunkan metode grafis untuk menghitung resultan dari beberapa vektor gaya.



Gambar 3.2. Penjumlahan Gaya (Resultan) dengan Metode Grafis

Metode Grafis

Gambar (a) menunjukkan vektor gaya dan garis kerja gayanya

Gambar (b) menunjukkan 2 vektor gaya yang konkuren (F_1 dan F_2)

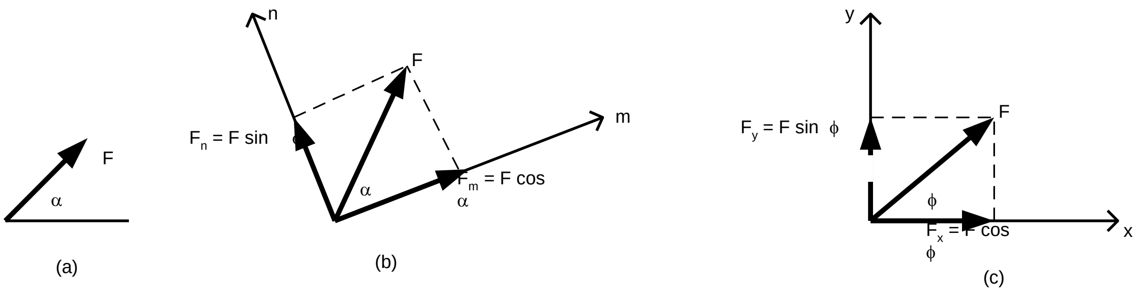
Metode grafis dengan mengunakan hukum jajaran genjang ditunjukkan pada gambar (c) yaitu vektor-vektor gaya tersebut (F_1 dan F_2) digambarkan berskala dan garis kerja gayanya yang berpotongan dan membentuk jajaran genjang, diagonal terpanjangnya adalah GAYA RESULTAN.

Metode grafis dapat juga dibuat dengan menggambarkan vektor-vektor gaya tersebut secara berskala dan saling menyambung (ujung disambung dengan pangkal), urutan tidak penting. Metode ini disebut juga **POLIGON GAYA** sebagai Loop tertutup dimana **RESULTAN** diperoleh dengan menggambarkan gaya tersebut berawal dari titik awal vektor pertama ke titik akhir (ujung) vektor terakhir. (gambar (d))

2. **Penguraian Sistem Gaya**

Aturan jajaran genjang dapat juga dipakai untuk penguraian satu gaya menjadi dua gaya yang membentuk sistem gaya yang ekivalen dengan gaya semula, yang biasa disebut dengan : **Penguraian gaya menjadi komponen-komponennya**.

Dalam analisis struktur, penguraian gaya ini berguna, yaitu diurai menjadi komponen-komponen gaya yang saling tegak lurus.



Gambar 3.3. Penguraian Gaya menjadi Komponen-komponen Gaya

Apabila gaya F diurai menjadi komponen-komponen pada sumbu x dan y:

$$Fx = F \cos \phi$$

$$Fy = F \sin \phi \qquad (3.4)$$

Bila sebaliknya ada dua gaya saling tegak lurus, Fx dan Fy, maka resultannya adalah F

$$F = \sqrt{(F_x^2 + F_y^2)} \qquad (3.5)$$

Sudut yang dibentuk oleh gaya resultannya adalah :

$$\text{Dan} \quad \phi = tg^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right) \qquad (3.6)$$

Metode Analitis

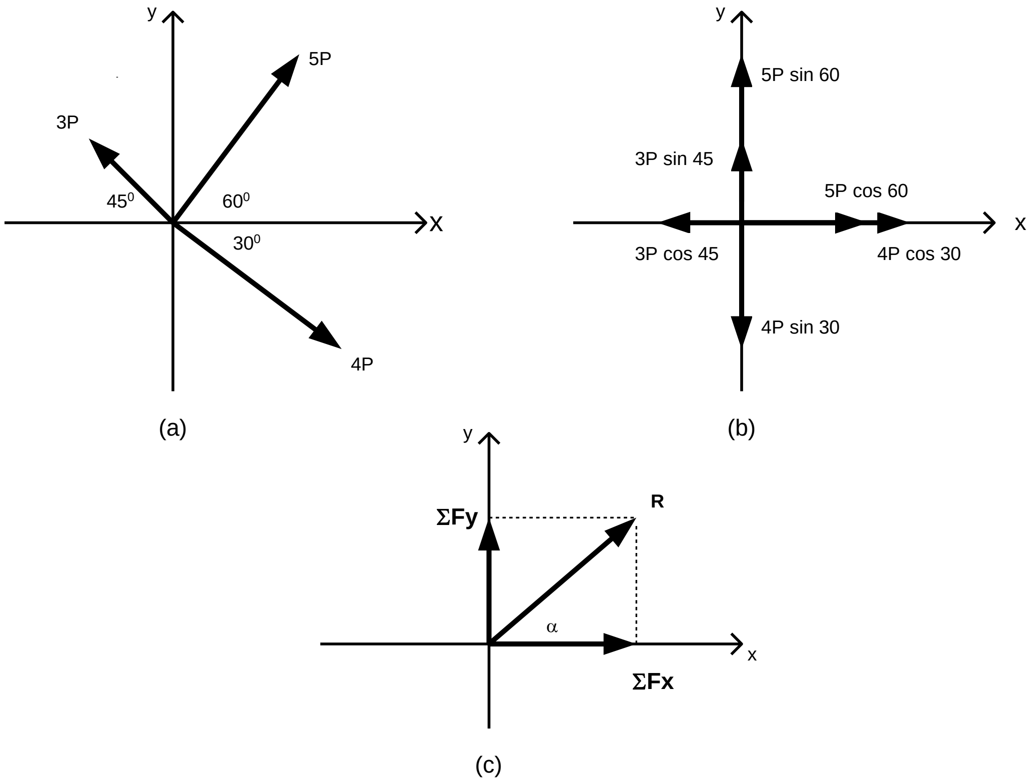
Pada dasarnya konsep metode analitis didasari oleh hukum jajaran genjang dengan sistem penguraian gaya.

1. Uraikan setiap gaya yang ada menjadi komponen-komponennya pada koordinat yang diinginkan
2. Jumlahkan gaya-gaya tersebut pada arah koordinatnya masing-masing
3. Cari RESULTAN gaya-gaya tersebut dari jumlah total gaya pada setiap arah koordinatnya

Sistem Gaya secara statis

Apabila suatu sistem gaya yang bekerja pada suatu benda dapat diganti dengan sistem gaya lain yang bekerja pada benda tersebut, tanpa mengubah efek translasional maupun rotasional pada benda tersebut.

Contoh :



Gambar 3.4 Resultan Sistem Gaya

Gambar (a) menunjukkan 3 vektor gaya yang konkuren

$F_1 = 4P$

$F_2 = 5P$

$F_3 = 3P$

Gambar (b) menunjukkan masing-masing gaya diuraikan menjadi komponen x dan y dengan menggunakan persamaan (3.4)

$F_{1x} = F_1 \cos 30 = 4P \cos 30 = 2P\sqrt{3}$

$F_{1y} = F_1 \sin 30 = 4P \sin 30 = 2P$

$F_{2x} = F_2 \cos 60 = 5P \cos 60 = 2{,}5$

$F_{2y} = F_2 \sin 60 = 5P \sin 60 = 2{,}5P\sqrt{3}$

$F_{3x} = F_3 \cos 45 = 3P \cos 45 = 1{,}5\sqrt{2}$

$F_{3y} = F_3 \sin 45 = 3P \sin 45 = 1{,}5P\sqrt{2}$

Gambar (c) Total gaya tiap komponen dan Resultan

$\Sigma Fx = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 2P\sqrt{3} + 2{,}5 - 1{,}5\sqrt{2} =$

$\Sigma Fy = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = -2P + 2{,}5\sqrt{3} + 1{,}5\sqrt{2} =$

dan dengan pers. (3.5) untuk mencari Resultan

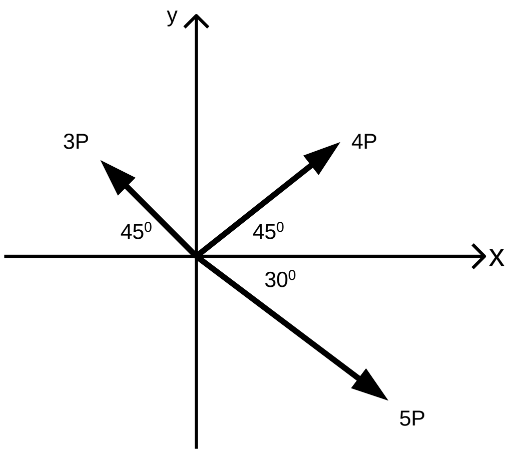
$$R = \sqrt{(\sum F_x^2 + \sum F_y^2)} =$$

dengan pers.(3.6) cari orientasi resultan (sudut)

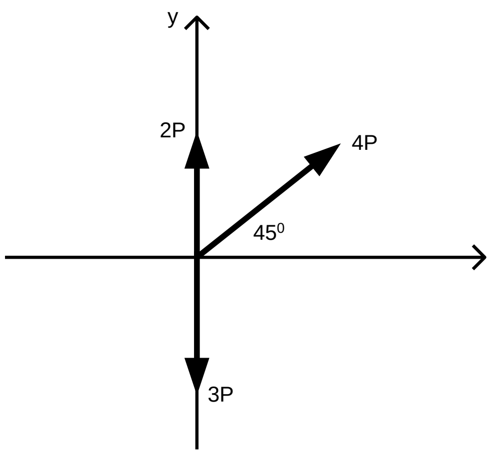
$$\alpha = tg^{-1}(\frac{\sum F_y}{\sum F_x}) = tg^{-1}(\frac{\sum F_y}{\sum F_x}) =$$

Latihan 3.1.

Hitung resultan dan orientasinya (sudut) dari gaya-gaya berikut ini !



(a)



(a)

3.1.4. Momen

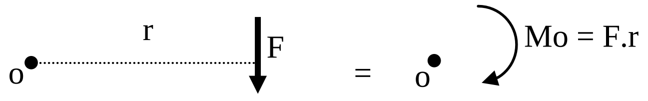
Momen adalah besaran yang diperoleh dari hasil kali gaya dengan jarak tegak lurus dari garis kerja gaya terhadap titik/garis acuan yang ditinjau.

Momen dari Suatu Gaya :

Gaya yang bekerja pada suatu benda akan menyebabkan benda tersebut mengalami translasi pada arah gaya tersebut. Tergantung dari titik tangkapnya, gaya tersebut dapat juga menyebabkan terjadinya rotasi yang disebut **momen**.

Contoh :

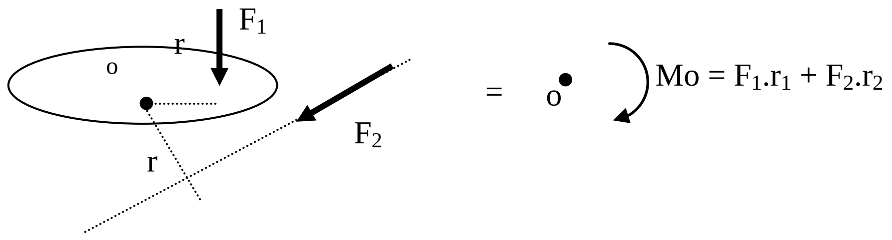
1. Titik tinjau o, jarak tegak lurus dari titik o ke gaya F adalah r, akibat gaya F maka Nilai Momen di titik o (Mo) adalah : Gaya F dikali jarak r



2. Titik tinjau o
   - jarak tegak lurus dari titik o ke gaya F_1 adalah r_1
   - jarak tegak lurus dari titik o ke gaya F_2 adalah r_2

   akibat gaya F_1 dan F_2 maka

   Nilai Momen di titik o (Mo) adalah = $F_1.r_1 + F_2.\ r_2$



Momen dari Banyak Gaya :

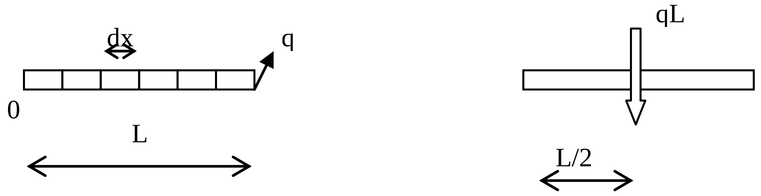
Efek rotasional total akibat beberapa gaya terhadap satu titik atau garis adalah jumlah aljabar dari momen-momen gaya terhadap titik/garis tersebut.

$Mo = (F_1 \text{ x } r_1) + (F_2 \text{ x } r_2) + \ldots + (F_n \text{ x } r_n)$

Momen Akibat Beban Terdistribusi/Merata

Dalam mekanika teknik biasa kita temui momen akibat beban merata yang bekerja pada suatu struktur.

Tinjau terhadap satu bagian kecil q dx



Mo = (q.dx) . x

Secara keseluruhan/Integral

Mo = $\int_0^L q.x.dx = \frac{q.L^2}{2}$

Keseluruhan bagian beban merata = qL

Garis kerja gayanya di tengah bentang

Mo = $(qL).\frac{L}{2} = \frac{qL^2}{2}$

3.2. <u>Keseimbangan</u>

Gaya yang bekerja menyebabkan translasi sedangkan momen menyebabkan rotasi.

Suatu benda berada dalam keseimbangan apabila sistem gaya yang bekerja pada benda tersebut tidak menyebabkan translasi mapun rotasi pada benda tersebut

Syarat tidak ada translasi :

Resultan Gaya = 0 (3.7)

R = $\sqrt{(\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y)^2}$ = 0 (3.8)

$\sum$Fx = 0

$\sum$Fy = 0

$\sum$Fz = 0 (3.9)

Syarat tidak ada rotasi :

$\sum Mx = 0$

$\sum My = 0$

$\sum Mz = 0$ (3.10)

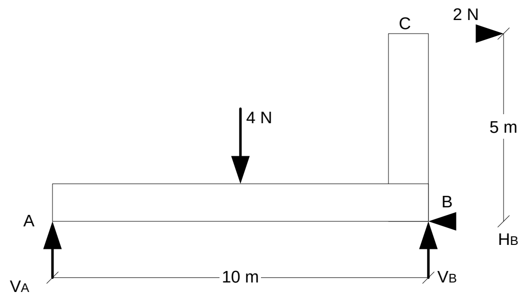
Perjanjian tanda

Fx dan Fy yang searah x, y positif = + (positif)

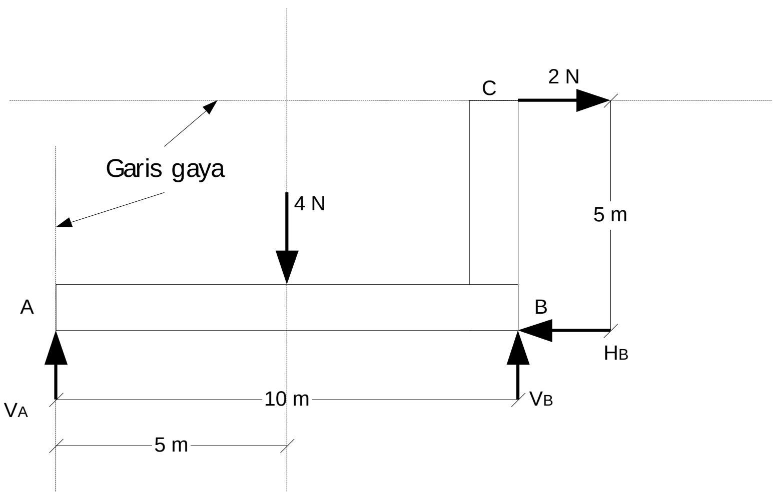
Momen yang menyebabkan rotasi searah jarum jam = + (positif)

Contoh :

Tentukan gaya V_A,V_B, H_B agar benda tegar tersebut benda dalam keseimbangan



Penyelesaian :



Syarat benda tegar ABC mengalami keseimbangan adalah :

- Total momen di titik A, B atau C = 0 (Σ Mi = 0)
- Total gaya arah horisontal = 0 (Σ Fx = 0)
- Total gaya arah vertikal = 0 (Σ Fy = 0)

Untuk memenuhi persamaan diatas :

- Total momen di titik B = 0 (Σ MB= 0)

  Σ MB = 0

  VA . 10 m - 4 N . 5 m + 2 N.5 m + VB . 0 + HB . 0 = 0

  VA . 10 m - 20 Nm + 10 Nm + 0 + HB = 0

  VA . 10 m = 10 Nm

  VA = 1 N (ke atas)

- Total gaya arah horisontal = 0 (Σ Fx = 0)

  Σ Fx = 0

  - HB + 2 N = 0

  HB = 2 N (ke kiri)

- Total gaya arah vertikal = 0 (Σ Fy = 0)

  Σ Fy = 0

  VA - 4 N + VB N = 0

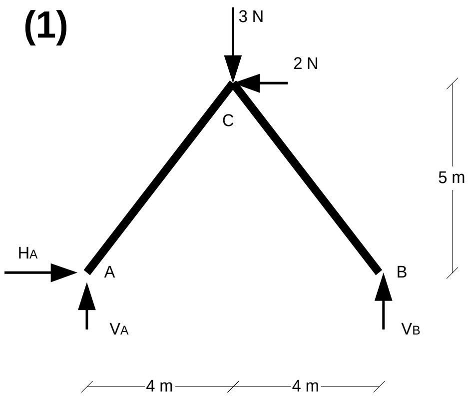
  1 N - 4 N + VB = 0

  V B = 3 N (ke atas)

Latihan 3.2

Kerjakan 2 struktur di bawah ini, untuk mendapatkan nilai V_A, V_B dan H_A atau H_B sehingga benda tersebut berada pada keseimbangan.

(1)



(2)