STATIKA

Ir. Kadaryono, M.T.

Editor : Dr. Dwi Ajiatmo, S.T., M.T.

STATIKA

Materi Statika untuk teknik mesin mencakup analisis sistem gaya pada benda diam untuk memastikan keseimbangan mekanis. Fokus utama adalah pada konsep keseimbangan gaya dan momen, serta aplikasinya dalam desain dan analisis struktur mekanik. Materi ini meliputi pengenalan sistem gaya, diagram benda bebas, hukum Newton, serta perhitungan reaksi tumpuan. Pemahaman yang kuat tentang statika penting bagi insinyur mesin untuk merancang komponen yang dapat menahan beban tanpa mengalami deformasi atau kegagalan.

Anda masih memiliki kesempatan untuk mempelajari Statika. Mulailah dengan membaca bab buku ini yang paling menarik bagi Anda. Tidak ada materi yang sulit selama Anda memulainya. Mulailah dari hal kecil sekarang, dan Anda akan menjadi insinyur yang kompeten dan handal di masa depan.

Ganesha KreasiSemesta

ganeshakreasisemesta@gmail.com
www.ganeshakreasisemesta.com
0852-8000-2192
Anggota IKAPI
No. 281/JTE/2024

ISBN 978-634-7043-23-8
9 786347 043238

STATIKA

Ir. Kadaryono, M.T.

PENERBIT PT. GANESHA KREASI SEMESTA

STATIKA

Penulis : Ir. Kadaryono, M.T.

Editor : Dr. Dwi Ajiatmo, S.T., M.T.

Desain Sampul : Firman Ismail

Tata Letak : Via Maria Ulfah

ISBN : 978-634-7043-23-8

Diterbitkan oleh : **GANESHA KREASI SEMESTA, DESEMBER 2024**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO.281/JTE/2024

Redaksi:
Jalan Panongan, Desa Kutasari Kecamatan Baturraden Kabupaten Banyumas Telp. 0852-8000-2192
Surel : ganeshakreasisemesta@gmail.com
Cetakan Pertama : 2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya, buku yang berjudul "Statika Struktur" ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun dengan tujuan memberikan pemahaman yang mendalam mengenai prinsip-prinsip dasar dalam statika struktur kepada para mahasiswa dan praktisi bidang teknik. Di dalam buku ini berisi menjabarkan hal-hal sebagai berikut:

Bab 1. Pendahuluan memberikan gambaran umum mengenai pentingnya mempelajari statika struktur dalam dunia teknik mesin. Bab ini juga menjelaskan ruang lingkup dan tujuan buku serta memberikan tinjauan singkat mengenai topik-topik yang akan dibahas di dalam buku ini.

Bab 2. Statika Benda Tegar membahas prinsip-prinsip dasar mengenai benda tegar, termasuk analisis gaya-gaya yang bekerja pada benda yang berada dalam keadaan diam. Di dalam bab ini juga dijelaskan tentang hukum Newton ketiga dan bagaimana hukum ini diterapkan pada benda tegar dalam kondisi statis.

Bab 3. Konsep Keseimbangan menguraikan syarat-syarat agar suatu partikel atau benda dapat berada dalam keadaan seimbang. Pembahasan meliputi persamaan keseimbangan yang harus dipenuhi serta aplikasi dari prinsip-prinsip tersebut dalam analisis statika struktur.

Bab 4. Aplikasi Konsep Keseimbangan berfokus pada penerapan konsep-konsep keseimbangan yang telah dibahas sebelumnya dalam berbagai kasus nyata. Bab ini menyajikan contoh-contoh penerapan prinsip keseimbangan dalam analisis statika struktur yang lebih kompleks.

Bab 5. Struktur Portal membahas tentang struktur portal, yaitu jenis struktur yang banyak digunakan dalam konstruksi bangunan mesin. Di dalam bab ini dijelaskan tentang analisis gaya dalam struktur portal dan metode-metode yang digunakan untuk menentukan kestabilannya.

Bab 6. Konstruksi Rangka Batang menguraikan tentang konstruksi rangka batang, yang merupakan elemen dasar dalam banyak struktur teknik mesin. Bab ini mencakup analisis gaya dalam batang, metode penentuan gaya dalam anggota-anggota rangka, serta aplikasi dalam desain struktur.

Bab 7. Konstruksi Rangka Batang Metoda Potongan menjelaskan metode potongan yang digunakan untuk menganalisis gaya dalam rangka batang. Di dalam bab ini, dijelaskan langkah-langkah detail untuk menerapkan metode ini pada berbagai jenis rangka batang.

Bab 8. Analisa Tegangan dan Regangan membahas konsep dasar tentang tegangan dan regangan dalam material. Bab ini mencakup penjelasan mengenai hubungan antara tegangan dan regangan, serta bagaimana konsep ini diterapkan dalam analisis statika struktur untuk memastikan keamanan dan ketahanan material yang digunakan.

Kami menyadari bahwa buku ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca guna perbaikan dan penyempurnaan buku ini di masa yang akan datang. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi para mahasiswa, dosen, dan praktisi teknik mesin dalam memahami dan menerapkan prinsip-prinsip statika struktur dalam pekerjaan mereka.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Jombang, November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

STATIKA

Ir. Kadaryono, M.T.

BAB 1 PENDAHULUAN

A. Definisi Mekanik

Definisi 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*)

Mekanika benda tegar:
Pada mekanika benda tegar dibedakan atas:

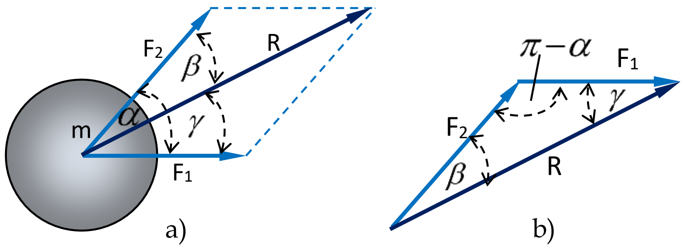
1. Statika : mempelajari benda dalam keadaan diam.
2. Dinamika : mempelajari benda dalam keadaan bergerak.

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 diabaikan.

B. Prinsip Dasar

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**



Gambar 1.1 a) Parallelogram Gaya dan b) Segitiga Gaya

2. Hukum Segitiga Gaya

Resultan R bisa dijumlahkan dengan cara menjumlah vector gaya F_1 dengan vector gaya F_2 metode ini disebut metoda segitiga gaya. dapat dinyatakan dengan

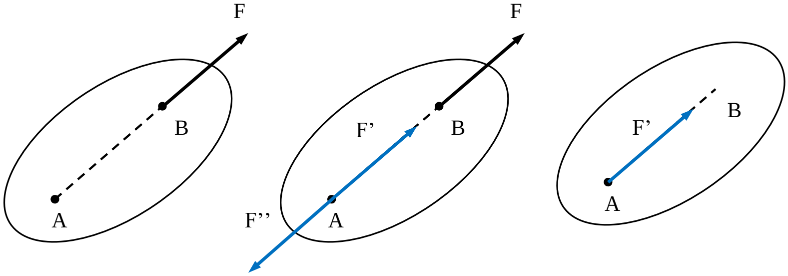
$$R^2 = F_1^{\,2} + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha$$

Setelah harga resultan R diketahui kita dapat menemukan sudut-sudut β dan γ dengan memakai persamaan dengan hukum sinus.

$$\sin\beta = \frac{F_1}{R}\sin\alpha \qquad\qquad \sin\gamma = \frac{F_2}{R}\sin\alpha$$

3. Hukum Transmisibilitas Gaya)

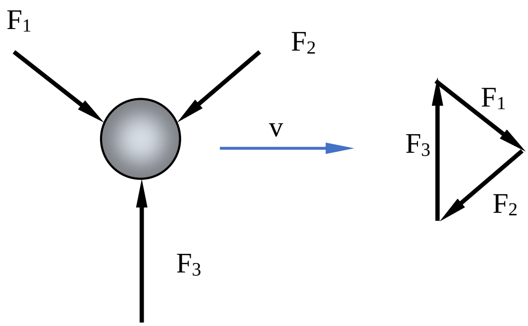
Kondisi keseimbangan atau gerak suatu benda tegar tidak akan berubah jika gaya yang bereaksi pada suatu titik diganti dengan gaya lain yang sama besar dan arahnya tapi bereaksi pada titik berbeda, asal masih dalam garis aksi yang sama. Dikenal dengan **Hukum Garis Gaya.**



Gambar 1.2 Gaya Transmisibilitas

4. **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.



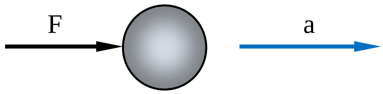
Gambar 1.3 Gaya dalam Kesetimbangan

5. **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:

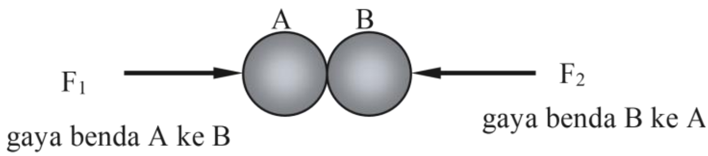
$$\sum F = m \cdot a$$



Gambar 1.4 Gaya dengan Percepatan a

6. **Hukum III Newton**

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

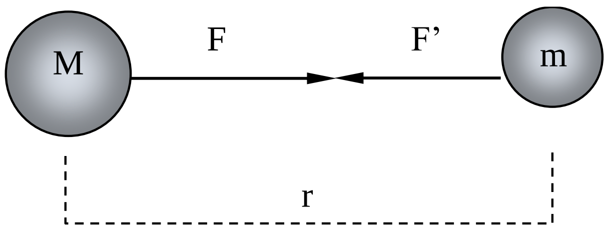


Gambar 1.5 Gaya Aksi dan Reaksi

7. **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:

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



Gambar 1.6 Gaya Grafitas Newtoni

Dimana :
G : kostanta gravitasi ($66.73.10^{-12}$) $m^3/(kg.s^2)$
r : jarak M dan m
M, m : massa pertikel masing-masing

C. Sistem Satuan

Mengacu pada Sistem Internasional (SI)(To & Units, 2012)

1. Kecepatan : m/s
2. Gaya : N
3. Percepatan : m/s2
4. Momen : N m atau Nmm
5. Massa : kg

6. Panjang : m atau mm
7. Daya : W
8. Tekanan : N/m2 atau pascal (Pa)
9. Tegangan : N/mm2 atau MPa
10. Dll

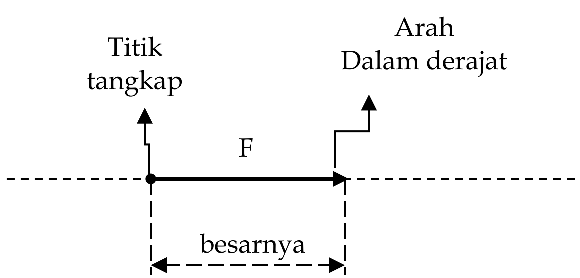
Tabel 1.1 Simbol Satuan

Faktor Pengali	Pengali	Awalan	Simbol
1 000 000 000 000	10^{12}	tera	T
1 000 000 000	10^{9}	giga	G
1 000 000	10^{6}	mega	M
1 000	10^{3}	kilo	k
100	10^{2}	hekto	h
10	10^{1}	deka	da
0,1	10^{-1}	desi	d
0,01	10^{-2}	senti	c
0,001	10^{-3}	mili	m
0,000001	10^{-6}	mikro	μ
0,000 000 001	10^{-9}	nano	n
0,000 000 000 001	10^{-12}	piko	p
0,000 000 000 000 001	10^{-15}	femto	f
0,000 000 000 000 000 001	10^{-18}	atto	a

D. Sistem Gaya

Gaya merupakan aksi sebuah benda terhadap benda lain dan umumnya ditentukan oleh titik tangkap (kerja), besar dan arah. (atau dinyatakan dengan vektor)

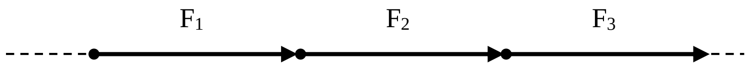
Sebuah gaya mempunyai besar, arah dan titik tangkap tertentu yang digambarkan dengan anak panah.



Gambar 1.7 Gaya dalam Bentuk Vektor

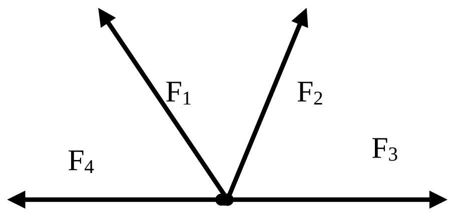
Jenis Gaya

Gaya Kolinier adalah gaya-gaya yang garis kerjanya terletak pada satu garis lurus



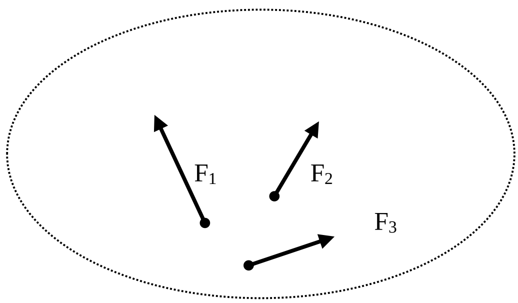
Gambar 1.8 Gaya Koliner

Gaya Konkuren adala gaya-gaya yang garis kerjanya berpotongan pada satu titik.



Gambar 1.9 Gaya Koliner

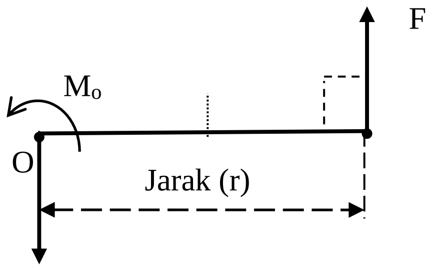
Gaya koplanar adalah gaya-gaya yang garis kerjanya terletak pada satu bidang



Gambar 1.10 Gaya Koplanar

Gaya kopel adalah Sepasang gaya yang sejajar sama besar dan berlawanan arah yang bekerja pada suatu batang (benda), akan menimbulkan menimbulkan kopel (momen) pada batang tersebut. Momen adalah gaya kali jarak yang tegak lurus

$$M_O = F \cdot r$$



Gambar 1.11 Gaya Kopel

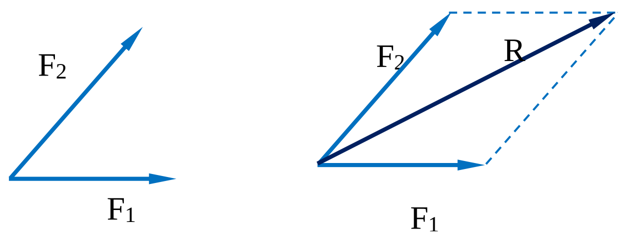
E. Resultan Gaya

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

Metode untuk Mencari Resultan Gaya:

1. Metode Jajaran Genjang (Hukum Paralelogram)

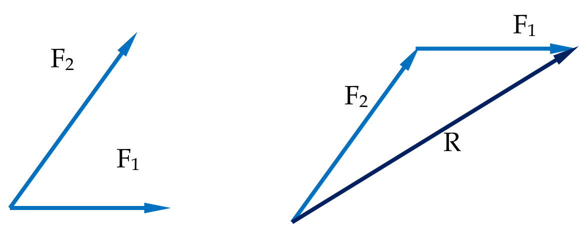
   Metode jajaran genjang dengan cara membentuk bangun jajaran genjang dari dua gaya yang sudah diketahui sebelumnya. Garis tengah merupakan R gaya.



Gambar 1.12 Parallelogram Gaya

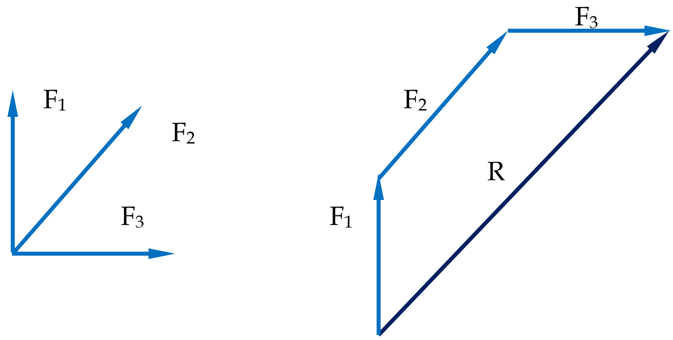
2. Metode Segitiga

   Dengan cara menjumlahkan gaya F_1 pada ujung F_2 atau sebaliknya.



Gambar 1.13 Segitiga Gaya

3. Metode Poligon Gaya adalah cara menjumlah gaya lebih dari dua gaya dengan cara seperti segitiga gaya.



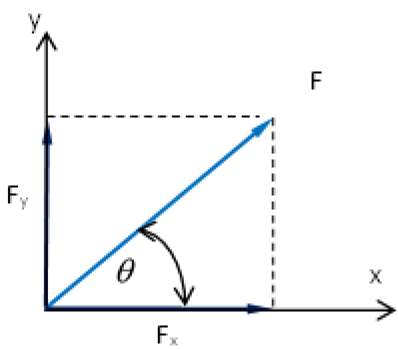
Gambar 1.14 Poligon Gaya

Catatan

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

F. Komponen Gaya

Gaya dapat diuraikan menjadi komponen vertikal dan horizontal atau mengikuti sumbu x dan y. FX adalah gaya horisontal, sejajar sumbu x, FY adalah gaya vertikal, sejajar sumbu y



Gambar 1.15 Penguraian Gaya

θ =sudut yang dibentuk gaya F

Besar gaya pada sumbu x

$$F_x = F\cos\theta$$

Besar gaya pada sumbu y

$$F_y = F\sin\theta$$

$$F = \sqrt{{F_x}^2 + {F_y}^2}$$

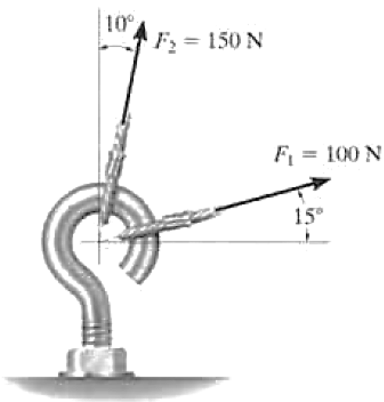
Jika terdapat beberapa gaya yang mempunyai komponen x dan y, maka resultan gaya dapat dicari dengan menjumlahkan gaya-gaya dalam komponen x dan y.

$$R_x = \sum F_x \text{ dan } R_y = \sum F_y$$

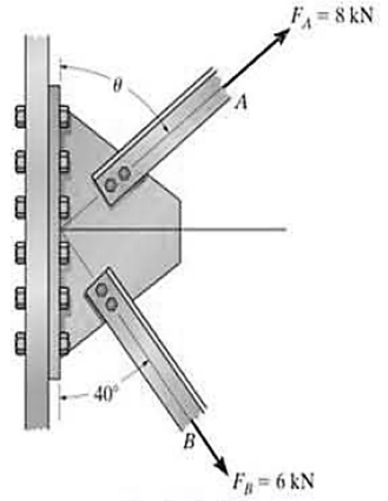
G. Soal Latihan

1. Tentukan resultan dari gaya-gaya berikut dengan metode grafis dan analisis.

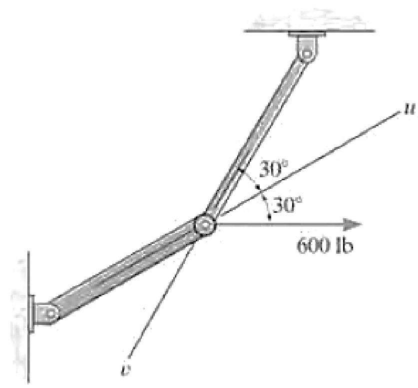
   a.



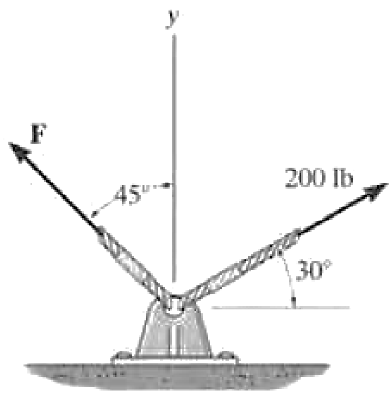
b.



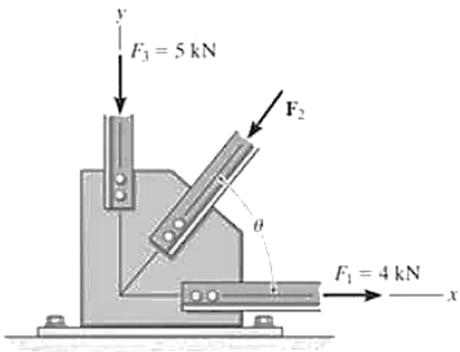
c.



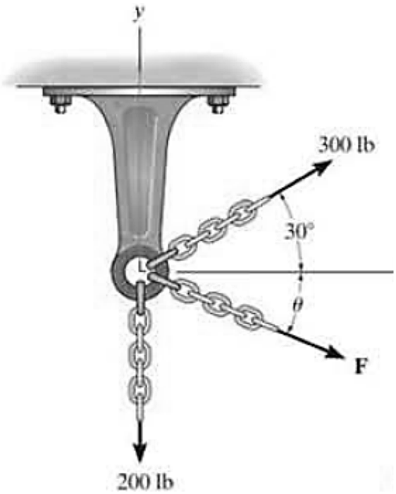
d.



e.



f.

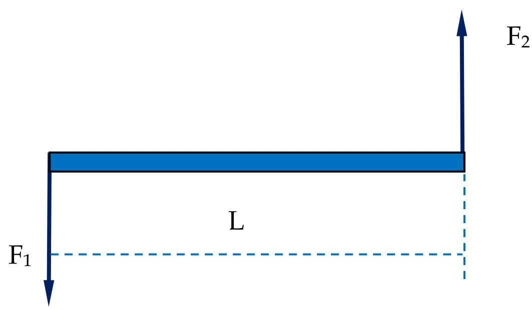


BAB 2 STATIKA BENDA TEGAR

A. Benda Tegar: Elemen yang Tidak Berubah Bentuk

1. Kopel

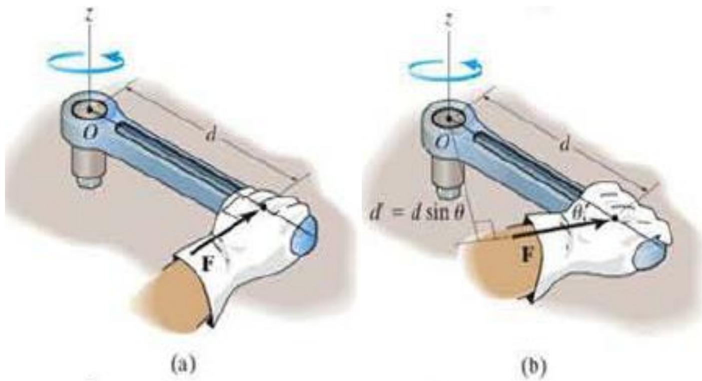
Kombinasi 2 buah gaya yang sama besar, garis aksi sejajar arah saling berlawanan.(BEER & JOHNSTON, 1989)



Gambar 2.1 Gaya Kopel

2. Momen

Kecendurungan suatu gaya untuk memutar benda tegar sekitar sebuah sumbu diukur oleh momen gaya terhadap sumbu tersebut. Besarnya adalah gaya kali jarak yang tegak lurus.



Gambar 2.2 Momen Gaya terhadap Sumbu

Dari gambar a didapatkan persamaan momen terhadap titik O adalah

$$M_O = F \cdot d$$

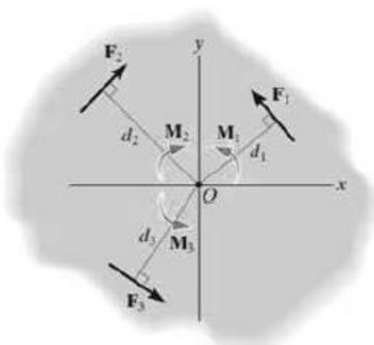
Dari gambar b didapatkan persamaan momen terhadap titik O adalah

$$M_O = F \cdot d \sin\theta$$

3. Resultan Momen

Adalah jumlah semua momen yang bekerja pada titik yang ditetapkan misal titik O maka besarnya momen pada gambar 2.3. adalah

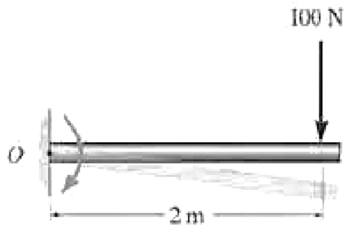
$$M_O = F_1 \cdot d - F_2 \cdot d_2 + F_3 \cdot d_3$$



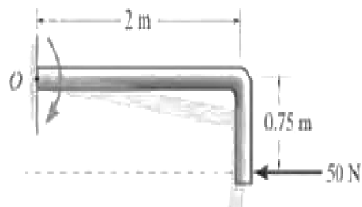
Gambar 2.3 Ressultan Momen

B. Contoh Soal

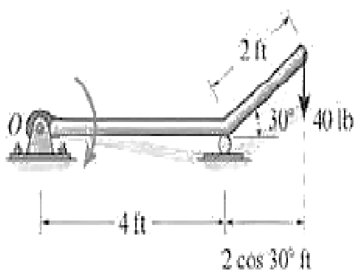
1. Tentukan momen terhadap O. pada gambar 2.4, 2.5 dan 2.6.
2. Sebuah gaya F: 800 N bekerja di braket seperti pada gambar. Tentukan momen terhadap B. (lihat gambar 2.6)



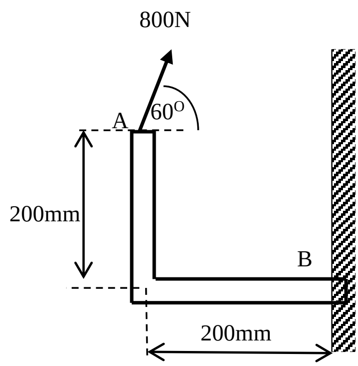
Gambar 2.4 Momen terhadap O



Gambar 2.5 Momen terhadap O



Gambar 2.6 Momen terhadap O



Gambar 2.7 Momen terhadap B

BAB 3 KONSEP KESETIMBANGAN

Beberapa konsep dari kesetimbangan partikel: (Gross et al., 2017), (Beer et al., 2009)

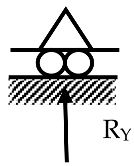
1. Suatu partikel dalam keadaan keseimbangan jika resultan semua gaya yang bekerja pada partikel tersebut nol.
2. Jika pada suatu partikel diberi 2 gaya yang sama besar, mempunyai garis gaya yang sama dan arah berlawanan, maka resultan gaya tersebut adalah NOL. Hal tersebut menunjukkan partikel dalam keseimbangan.
3. Sebuah benda tegar dikatakan dalam keseimbangan jika gaya–gaya yang bereaksi pada benda tersebut membentuk gaya/ sistem gaya ekvivalen dengan nol.
4. Sistem tidak mempunyai resultan gaya dan resultan kopel.
5. Syarat perlu dan cukup untuk keseimbangan suatu benda tegar secara analitis adalah:
   a. jumlah gaya arah x = 0 ($\Sigma Fx = 0$)
   b. jumlah gaya arah y = 0 ($\Sigma Fy = 0$)
   c. jumlah momen = 0 ($\Sigma M = 0$)
6. Dari persamaan tersebut dapat dikatakan bahwa benda tidak bergerak dalam arah translasi atau arah rotasi (diam).
7. Jika ditinjau dari Hukum III Newton, maka keseimbangan terjadi jika gaya aksi mendapat reaksi yang besarnya sama dengan gaya aksi tetapi arahnya saling berlawanan.

A. Reaksi Tumpuan/Peletakan

Diketahui ada 3 jenis tumpuan yang biasa digunakan dalam suatu konstruksi yaitu:

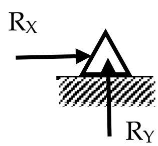
1. tumpuan roll
2. tumpuan sendi
3. tumpuan jepit

1. Tumpuan Roll



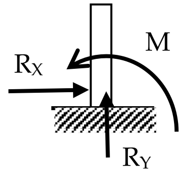
a. Dapat memberikan reaksi berupa gaya vertikal (Ry = Fy)
b. Tidak dapat menerima gaya horizontal (Fx).
c. Tidak dapat menerima momen
d. Jika diberi gaya horisontal

2. Tumpuan Sendi (Engsel)



a. Mampu menerima 2 reaksi gaya:
   1) gaya vertikal (Fy)
   2) gaya horisontal (Fx)
b. Tidak dapat menerima momen (M).

3. Tumpuan Jepit



Gambar 3.1 Gaya Reaksi

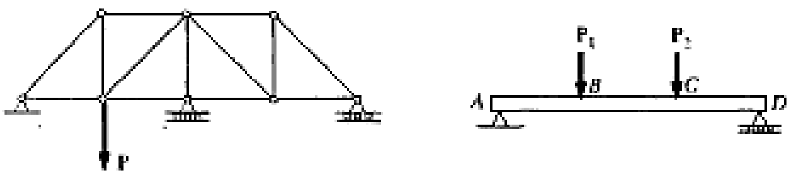
a. Dapat menerima semua reaksi:
   1) Gaya vertikal (Fy)
   2) Gaya horizontal (Fx)
   3) momen (M)
b. Dijepit berarti dianggap tidak ada gerakan sama sekali.

B. Beban (Muatan)

Merupakan aksi/gaya/beban yang mengenai struktur. Beban dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan cara bekerja dari beban tersebut.

1. Beban Titik/Beban Terpusat

Beban yang mengenai struktur hanya pada satu titik tertentu secara terpusat.

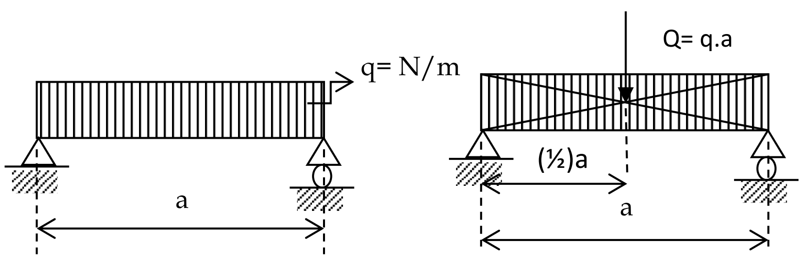


Gambar 3.2 Beban Terpusat P

2. Beban Terdistribusi Merata

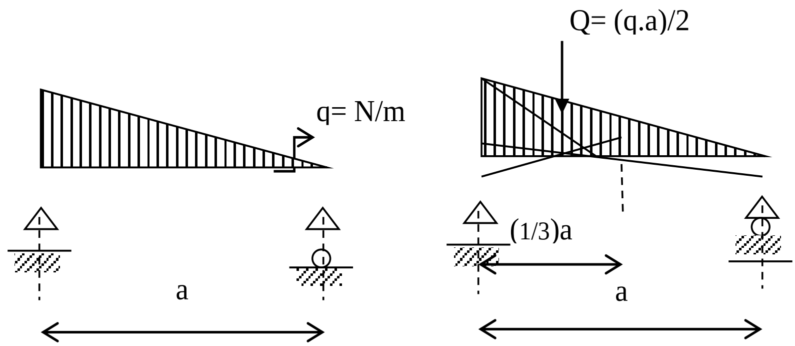
Untuk beban terbagi rata (q= N/m) bisa dirubah menjadi beban terpusat (Q=q.a N).

Untuk beban dengan bentuk segi empat:



Gambar 3.3 Beban Terdistribusi Merata Segi Empat

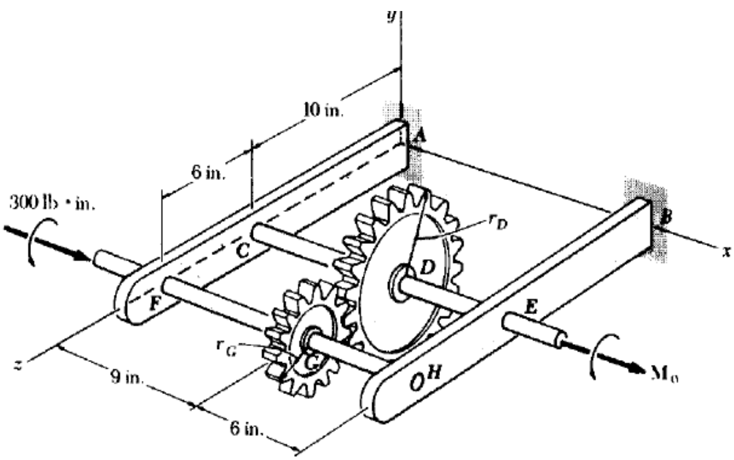
Untuk beban dengan bentuk segitiga



Gambar 3.4 Beban Terdistribusi Merata Segitiga

C. Beban Momen

Beban momen dapat berupa adanya beban titik pada konstruksi menimbulkan momen atau momen yang memang diterima oleh konstruksi seperti momen punter (torsi) pada poros transmisi.



Gambar 3.5 Beban Momen

Dalam konstruksi mekanika teknik yang sesungguhnya, beban yang dialami oleh struktur merupakan beban gabungan. Misalnya sebuah jembatan dapat mengalami beban titik, beban bergerak, beban terbagi merata, beban angin dll.

Semua beban harus dihitung dan menjadi komponen AKSI, yang akan diteruskan ke tumpuan/peletakan, dimana tumpuan akan memberikan REAKSI, sebesar aksi yang diterima, sehingga terpenuhi:

AKSI = REAKSI

Fokus dalam Mekanika Teknik I (Statika Struktur) adalah: Statis Tertentu. Bahwa persoalan yang dipelajari dapat diselesaikan hanya dengan menggunakan 3 persamaan keseimbangan statik yaitu: $\Sigma Fx = 0$, $\Sigma Fy = 0$, $\Sigma M = 0$. Jika persoalan tidak dapat diselesaikan dengan 3 persamaan tersebut dan membutuhkan lebih banyak persamaan, maka disebut dengan: STATIS TAK TENTU

Kesetabilan konstruksi statis tertentu diperoleh jika:

1. Semua gejala gerakan (gaya) mengakibatkan perlawanan (reaksi) terhadap gerakan tersebut
2. Suatu konstruksi statis tertentu akan stabil jika reaksi-reaksinya dapat dihitung dengan persamaan statis tertentu

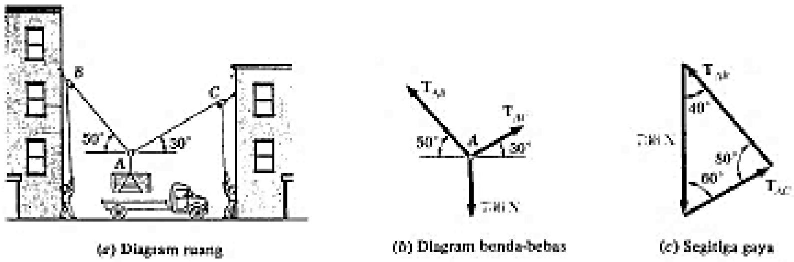
Dalam menganalisis suatu persoalan mekanika teknik, biasanya digunakan beberapa diagram yang dapat mendukung kemudahan analisis tersebut.

D. Diagram Ruang

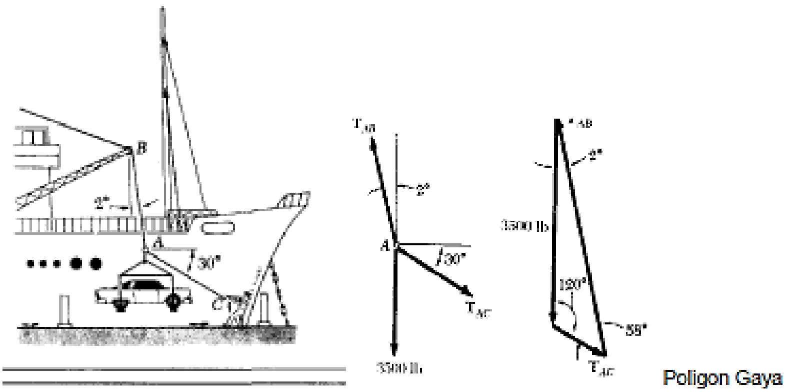
Suatu diagram yang menggambarkan kondisi/situasi suatu masalah teknik yang sesungguhnya. Skema, sketsa, ilustrasi

E. Diagram Benda Bebas

Diagram yang menggambarkan semua gaya-gaya yang bekerja pada suatu partikel dalam keadaan bebas. Dalam menganalisis persoalan mekanika diagram benda bebas ini sangat diperlukan untuk membantu memahami dan menggambarkan masalah keseimbangan gaya dari suatu partikel. (Meriam and Kraige, 2016)

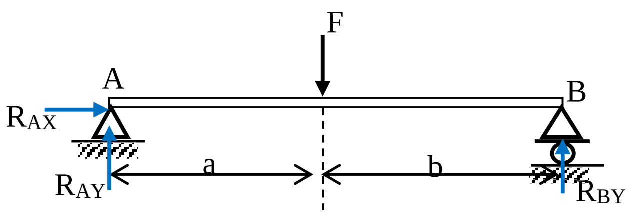


Gambar 3.6 Keseimbangan gaya



Gambar 3.7 Diagram Benda Bebas

1. **Kasus Sederhana**
   a. **Balok Sederhana**



Gambar 3.8 Balok Sederhana

$\sum Fx = 0$, $\sum Fy = 0$, $\sum M = 0$.

$$\sum F_x = 0$$

$$\rightarrow + \quad R_{Ax} = 0$$

$$\sum Fy = 0$$

$$\uparrow + \quad R_{Ay} - F \ + R_B = 0$$

$$R_{Ay} = F - R_B y$$

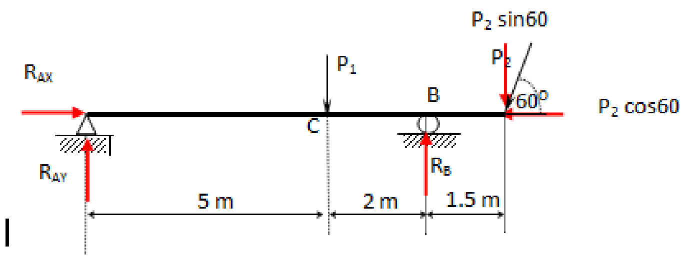
$$\sum M_A = 0$$

$$-F \cdot a + R_B \cdot (a+b) = 0$$

$$R_{BY} = \frac{F \cdot a}{(a+b)}$$

Untuk gambar disamping pertama kali dicari dulu reaksi jepitan (R_{Ax}, R_{Ay}, Dan M_A). Dengan persamaan kesetimbangan Sehingga R_{Ay} bisa ditentukan

Buat diagram benda bebas dari konstruksi gambar soal



Gambar 3.9 Benda Bebas dari Kontruksi

Gunakan persamaan kesetimbangan

$$\sum F_x = 0$$

$$\rightarrow + \quad R_{AX} - P_2 \cos 60 = 0$$

$$R_{AX} = P_2 \cos 60$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$\uparrow + \quad R_{AY} - P_1 + R_B - P_2 \sin 60 = 0$$

$$R_{AY} = P_1 + P_2 \sin 60 - R_B$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$\uparrow + \quad R_{AY} - P_1 + R_B - P_2 \sin 60 = 0$$

$$R_{AY} = P_1 + P_2 \sin 60 - R_B$$

$$R_{AY} = P_1 + P_2 \sin 60 - (\frac{P_1 5 + P_2 \sin 60(8{,}5)}{7})$$

$$\sum M_A = 0$$

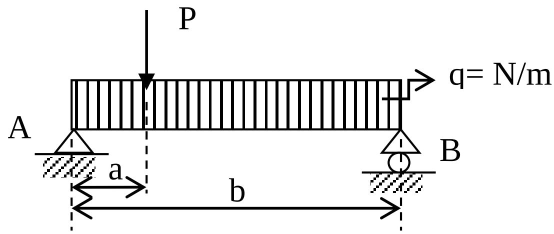
$$+ \quad -P_1 5 + R_B(7) - P_2 \sin 60(8{,}5) = 0$$

$$\mathrm{R_B} = \frac{P_1 5 + P_2 \sin 60(8{,}5)}{7}$$

$$R_{AY} = P_1 + P_2 \sin 60 - (\frac{P_1 5 + P_2 \sin 60(8{,}5)}{7})$$

$$\mathrm{R_A} = \sqrt{\mathrm{R_{Ax}}^2 + R_{AY}^2}$$

Tentukan reaksi yang terjadi dititik A dan titik B pada konstruksi di bawah ini



Dengan persamaan kesetimbangan

$$\sum F_x = 0$$

$$\rightarrow + \quad R_{AX} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\uparrow + \quad R_{Ay} - P - Q + R_B = 0$$

$$R_{Ay} = P + Q - R_B$$

$$= P + q.b - R_B$$

$$\sum M_A = 0$$

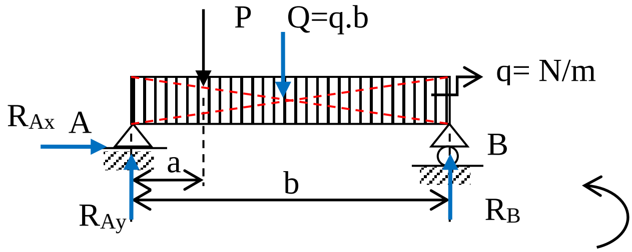
$$+ \quad -P \cdot a - Q(a + (1/2)b + R_B(a + b) = 0$$

$$\mathrm{R_B} = \frac{P \cdot a + Q(a + (1/2)b}{(a + b)}$$

Jadi R_{AY} bisa dicari

Penyelesaian

1) Buat Free bodi diagram



Balok sederhana dengan beban overhang.
Dengan persamaan kesetimbangan

$$\sum F_x = 0$$

$$\rightarrow + \quad R_{AX} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\uparrow + \quad R_{Ay} - P_1 + R_B - P_2 = 0$$

$$R_{Ay} = P_1 + P_2 - R_B$$

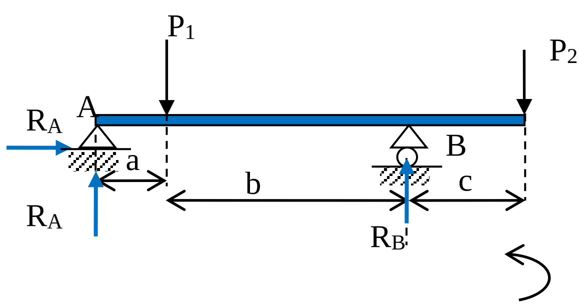
$$\sum M_A = 0$$

$$+ \quad -P_1 \cdot a + R_B(a+b) - P_2(a+b+c) = 0$$

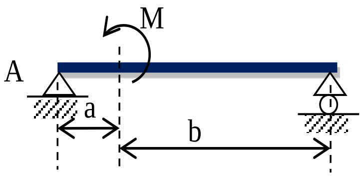
$$R_B = \frac{P_1 \cdot a + +P_2(a+b+c)}{(a+b)}$$

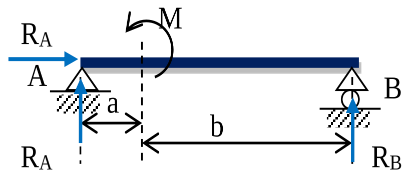
Jadi R_{AY} bisa dicari

2) Buat Free bodi diagram



Balok Sederhana dengan Beban Momen





Dengan persamaan kesetimbangan

$$\sum F_x = 0$$

$$\rightarrow + \quad R_{AX} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\uparrow + \quad R_{Ay} + R_B = 0$$

$$R_{Ay} = -R_B$$

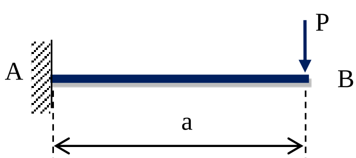
$$\sum M_A = 0$$

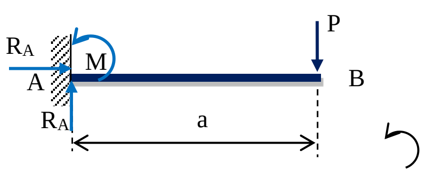
$$+ \quad M + R_B(a+b) = 0$$

$$\mathrm{R_B} = \frac{M)}{(a+b)}$$

Jadi R_{AY} bisa dicari

Balok Kantilever





Dengan persamaan kesetimbangan

$$\sum F_x = 0$$

$$\rightarrow + \quad R_{AX} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\uparrow + \quad R_{Ay} + P = 0$$

$$R_{Ay} = -P$$

$$\sum M_A = 0$$

$$+ \quad M_A - P \cdot a = 0$$

$$M_A = P \cdot a$$

BAB 4

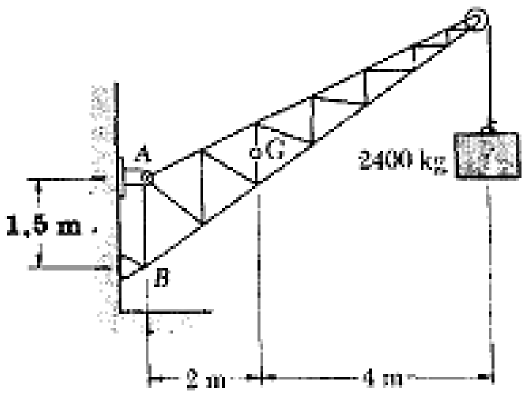
APLIKASI KONSEP KESIMBANGAN

Untuk menerapkan konsep keseimbangan dalam perhitungan konstruksi yang sesungguhnya, perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

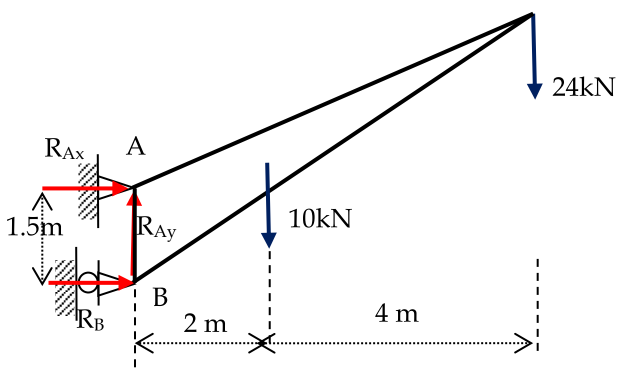
1. Gambarkan diagram benda bebas dengan benar untuk memudahkan analisis.
2. Jenis tumpuan yang digunakan harus diperhatikan dengan baik, hal ini berkaitan dengan reaksi yang dapat diterima oleh tumpuan tersebut.
3. Bentuk dan arah beban (gaya/muatan) harus diperhatikan dengan baik. Gaya dengan posisi tidak tegak lurus terhadap sumbu utama harus diuraikan terlebih dahulu menjadi komponen gaya arah sumbu x dan y. Hal ini berkaitan dengan perhitungan momen yang terjadi. Momen hanya dapat dihitung jika gaya dan batang dalam posisi saling tegak lurus.
4. Buat asumsi awal terhadap arah reaksi di tumpuan. Jika hasil perhitungan bertanda negatif, maka arah gaya reaksi sesungguhnya berlawanan dengan arah asumsi awal
5. Gunakan persamaan kesimbangan statis yaitu :
   a. $\Sigma Fx = 0$
   b. $\Sigma Fy = 0$
   c. $\Sigma M = 0$

Kasus 1

Perhatikan konstruksi derek (crane) berikut. A tumpuan sendi, B tumpuan roll. Beban Derek tetap = 1000 kg dengan pusat gravitasi di G. Derek digunakan untuk memindahkan beban seberat 2400 kg. Tentukan reaksi di A dan B dalam arah vertikal dan horisontal.



Gambar 4.1



Gambar 4.2 FBD

Jawab:

Buat Free Body Diagram (gambar 4.2 FBD)

Gunakan persamaan kesetimbangan

$$F_{beban} = 2400kg \cdot 10m/s^2 = 24kN$$

$$F_{derek} = 1000kg \cdot 10m/s^2 = 10kN$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\rightarrow + \quad R_{Ax} + R_B = 0$$

$$R_{Ax} = -R_B$$

$$\sum Fy = 0$$

$$\uparrow + \quad R_{Ay} - F_{derek} - F_{beban} = 0$$

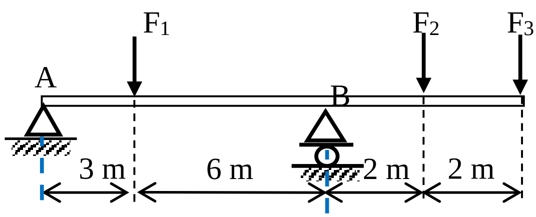
$$R_{Ay} = F_{derek} + F_{beban}$$

$$R_{Ay} = 34kN$$

Sehingga R_{Ay} bias ditentukan

Kasus 2

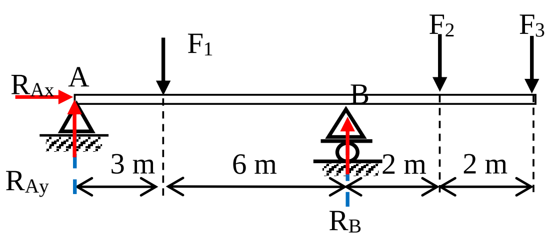
Cari reaksi tumpuan dititik di A dan B dari konstruksi balok sederhana berikut ini.



Jawab:

Buat Free Body Diagram (gambar 4.2 FBD)

Gunakan persamaan kesetimbangan



$$\sum F_x = 0$$

$$\rightarrow + \quad R_{Ax} = 0$$

$$\sum Fy = 0$$

$$\uparrow + \quad R_{Ay} - F_1 - F_2 - F_3 + R_B = 0$$

$$R_{Ay} = F_1 + F_2 + F_3 - R_B$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-F_1 \cdot 2 - F_2 \cdot 11 - F_3 \cdot 13 + R_B \cdot 9 = 0$$

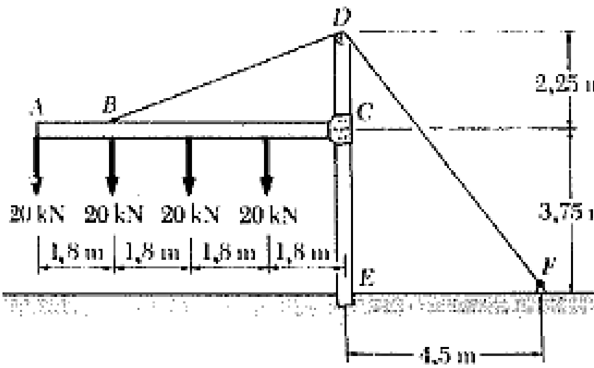
$$R_B = \frac{+F_1 \cdot 2 + F_2 \cdot 11 + F_3 \cdot 13}{9}$$

$$R_B = \text{bisa dihitung}$$

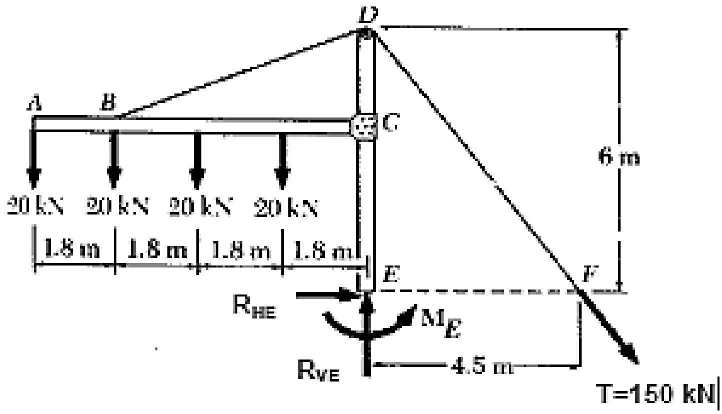
Sehingga R_{Ay} bias dihitung
Sehingga R_{Ay} bias ditentukan

Kasus 3

Struktur yang ada di bawah digunakan untuk mendukung sebagian atap bangunan. Jika diketahui tegangan pada tali sebesar 150 kN, tentukan reaksi di tumpuan E yang merupakan tumpuan jepit.



Jawab:
Buat diagram benda bebas.
Reaksi di tumpuan E terdiri dari 3 karena E merupakan tumpuan jepit yaitu:
reaksi vertikal, reaksi horisontal dan momen.
Gunakan persaman kesetimbangan



(ii) Sudut yang dibentuk oleh tali terhadap sumbu tegak adalah :

$$DF = \sqrt{ED^2 + EF^2} = \sqrt{6^2 + 4{,}5^2} = 7{,}5 \text{ m}$$

$$tg\theta = \frac{4{,}5}{6}$$

$$\theta = \text{arc tg } \frac{4{,}5}{6} = 36{,}87°$$

- Tegangan tali (T) = 150 kN
  $T_X = T \sin 36{,}87° = 150 \sin 36{,}87° = 90$ kN
  $T_y = T \cos 36{,}87° = 150 \cos 36{,}87° = 120$ kN

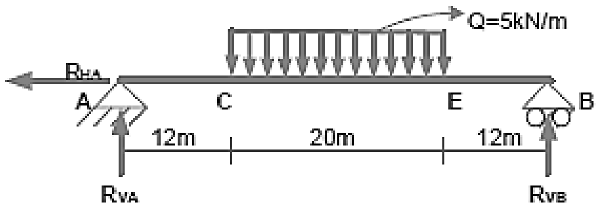
- $\sum F_X = 0$
  $R_{HE} - T_X = 0$
  $R_{HE} = T_X = 90$ kN (←)

- $\sum F_y = 0$
  $R_{VE} - T_y - 20 - 20 - 20 - 20 = 0$
  $R_{VE} = 200$ kN (↑)

- $\sum M_E = 0$
  $M_E + 20\,(7{,}5) + 20\,(5{,}4) + 20\,(3{,}6) + 20\,(1{,}8) - T_y(4{,}5) = 0$
  $M_E = 174$ kN.m (BJJ)

Kasus 4

Konstruksi balok sederhana dengan tumpuan sendi dan roll, menerima beban terdistribusi vertikal ke bawah sebesar Q = 5 kN/m. Cari reaksi di tumpuan A dan B.



Jawab

- Beban terdistribusi dapat diwakili satu beban titik yang merupakan resultan dari beban terdistribusi tersebut dan posisinya berada di tengah-tengah panjang beban.

- Beban total dari beban terdistribusi diperoleh dari perkalian beban dengan panjang balok yang terkena beban.

  $F_{total} = Q \times L = 5 \text{ kN} \times 20 = 100 \text{ kN}$

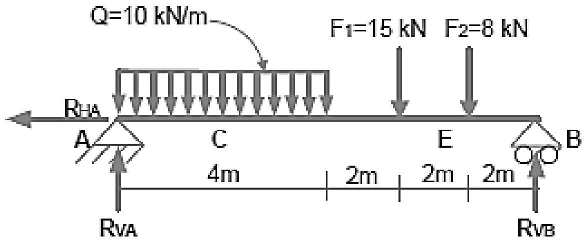
- $\sum M_A = 0$
  $R_{VB}\ (44) - Q.\ (20)\ (22) = 0$
  $R_{VB}\ (44) - 5\ (20)\ (22) = 0$
  $R_{VB} = 50 \text{ kN } (\uparrow)$

- $\sum M_A = 0$
  $R_{Va}\ (44) - Q.\ (20)\ (22) = 0$
  $R_{Va}\ (44) - 5\ (20)\ (22) = 0$
  $R_{Va} = 50 \text{ kN } (\uparrow)$

- $\sum F_{HA} = 0$
  $R_{HA} = 0$ karena tidak ada beban horisontal.

Kasus 5

Konstruksi balok sederhana dengan tumpuan sendi dan roll, menerima beban terpusat F1, dan F2 serta beban terdistribusi merata Q=10 kN/m vertikal ke bawah. Cari reaksi di tumpuan A dan B.



Jawab

$F_{total} = Q \times L = 10\ kN \times 4 = 40\ kN$

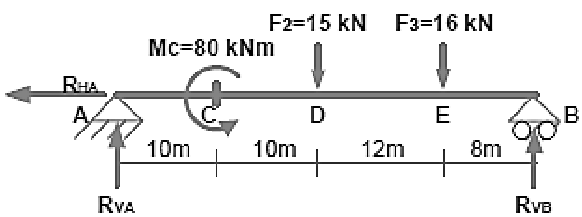
- $\sum M_A = 0$
  $R_{VB}\ (10) - F_2(8) - F_1\ (6) - Q\ (4)\ (2) = 0$
  $R_{VB}\ (10) - 8\ (8) - 15\ (6) - 10\ (4)\ (2) = 0$
  $R_{VB} = 23{,}4\ kN\ (\uparrow)$

- $\sum M_B = 0$
  $R_{VA}\ (10) - Q(4)(8) - F_1\ (4) - F_2\ (2) = 0$
  $R_{VA}\ (10) - 10\ (4)(8) - 15\ (4) - 8\ (2) = 0$
  $R_{VA} = 39{,}6\ kN\ (\uparrow)$

- $\sum F_{HA} = 0$
  $R_{HA} = 0$ karena tidak ada beban horisontal

Kasus 6

Konstruksi balok sederhana dengan tumpuan sendi dan roll, menerima beban terpusat F2, dan F3 serta beban momen Mc=20 kNm (Berlawanan Jarum Jam = BJJ). Cari reaksi di tumpuan A dan B.



Jawab

Momen merupakan hasil perkalian antara gaya dengan jarak tertentu dalam posisis saling tegak lurus

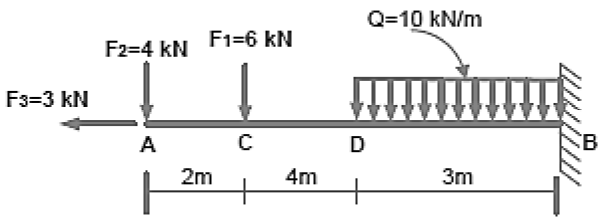
- $\sum M_A = 0$
  R_{vB} (40) – F_3(32) – F_2 (20) + M_C = 0
  R_{vB} (40) – 16 (32) – 15 (20) + 80 = 0
  R_{VB} = 18,3 kN (↑)

- $\sum M_B = 0$
  R_{vA} (40) – M_C – F_2 (20) – F_3 (8) = 0
  R_{vA} (40) – 80 – 15 (20) – 16 (8) = 0
  R_{VA} = 12,7 kN (↑)

- $\sum F_{HA} = 0$
  R_{HA} = 0 karena tidak ada beban horisontal.

Kasus 7

Konstruksi balok kantilever (balok dengan tumpuan jepit pada satu sisi), menerima beban terpusat F2, F2, dan F3 serta beban terdistribusi Q=10 kN/m. Cari reaksi ditumpuan A dan B.



Jawab

- Beban total terdistribusi = Q x 3 = 10 x 3 = 30 kN

- $\sum F_{vB} = 0$
  R_{vB} – F_2 – F_1 – Q (3) = 0
  R_{vB} = 4 + 6 + 30
  R_{VB} = 40 kN (↑)

- $\sum F_{HB} = 0$
  R_{HA} – F_3 = 0 karena tidak ada beban horisontal.
  R_{HA} = 3 kN (→)

- $\sum M_B = 0$
  M_B – F_2 (9) – F_1 (7) – Q (3)(1,5) = 0
  M_B = 4 (9) – 6 (7) – 10 (3)(1,5)
  M_B = 123 kNm (SJJ ke bawah)

BAB 5 STRUKTUR PORTAL

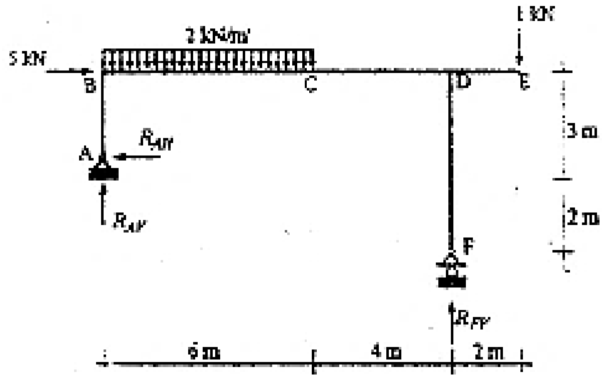
A. Berbagai Macam dari Struktur Portal

1. Struktur portal (rangka) merupakan struktur yang terdiri dari batang-batang yang mampu menahan beban :
   a. gaya geser (shearing force)
   b. gaya aksial
   c. momen lentur
2. Struktur portal terdiri dari batang yang disambung secara kaku berupa sambungan jepit.
3. Didefinisikan sebagai struktur yang terdiri dari sejumlah batang yang dihubungkan bersama-sama dengan sambungan-sambungan yang sebagian atau semuanya adalah kaku (jepit) yang mampu menerima beban gaya geser, gaya aksial, dan meomen lentur.
4. Contoh penggunaan struktur portal: struktur bangunan gedung, crane, jembatan, menara air dan lain-lain.
5. Analisis struktur portal sederhana statis tertentu, menggunakan persamaan keseimbangan statis:
   a. Σ FV = 0
   b. Σ FH = 0
   c. Σ M = 0
6. Setelah semua komponen reaksi dari tumpuan diperoleh, maka dapat ditentukan gaya geser, gaya aksial dan momen lentur pada setiap bagian struktur dengan menggunakan diagram benda bebas dan persamaan kesimbangan statika.

7. Portal statis tertentu menggunakan dua tumpuan yaitu sendi dan roll.

Kasus 1

Hitung reaksi pada tumpuan portal akibat pembebanan yang diterima berupa beban titik dan beban terdistribusi marata. A tumpuan sendi dan F tumpuan roll.



(i) $\Sigma M_A = 0$

$R_{VF} \,.\, 10 - 5\,(3) - 2\,(6)\,(3) - 1\,(12) = 0$

$R_{VF} \,.\, 10 - 15 - 36 - 12 = 0$

$$R_{VF} = \frac{63}{10} = 6{,}3\,kN \qquad (\uparrow)$$

(ii) $\Sigma F_H = 0$

$R_{HA} - 5 = 0$

$R_{HA} = 5\text{ kN} \qquad (\leftarrow)$

(iii) $\Sigma M_F = 0$

$R_{VA} \,.\, 10 - R_{HA}\,(2) + 5\,(5) - 2\,(6)\,(3+4) + 1\,(2) = 0$

$R_{VA} \,.\, 10 - 5\,(2) + 25 - 84 + 2 = 0$

$$R_{VA} = \frac{67}{10} = 6{,}7\,kN \qquad (\uparrow)$$

(iv) Pemeriksaan hasil perhitungan :

$\Sigma F_V = 0$

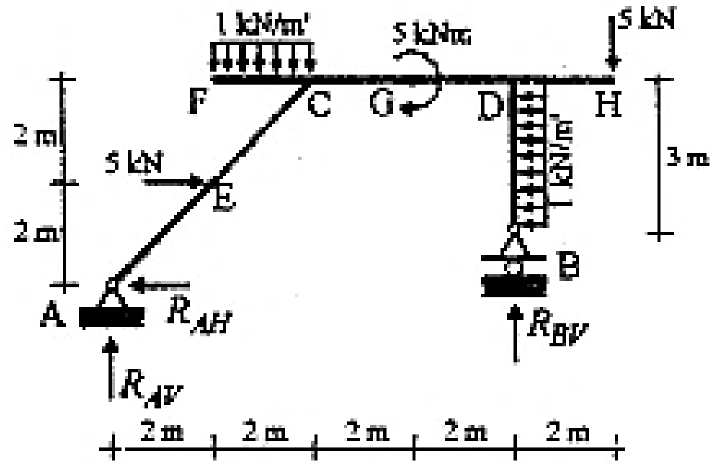
$R_{VA} + R_{VF} - 2\,(6) + 1 = 0$

$6{,}7 + 6{,}3 - 12 + 1 = 0$

$13 = 13$ terbukti !

Kasus 2

Hitung reaksi di tumpuan portal berikut dan perhatikan beban yang diterima oleh portal. Periksa hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan keseimbangan statis.



Jawab

(i) $\Sigma F_H = 0$

$F_1 - R_{HA} - Q_1\,(3)$

$R_{HA} = F_1 - Q_1\,(3)$

$R_{HA} = 5 - (1)(3) = 5 - 3 = 2\ \text{kN} \quad (\leftarrow)$

(ii) $\Sigma M_A = 0$

$R_{VB}\,.8 + Q_2(3)(1{,}5 + 1) - F_2(10) - M - Q_1(2)(3) - F_1(2) = 0$

$R_{VB}\,.8 + 1\,(3)(2{,}5) - 5\,(10) - 5 - 1\,(2)(3) - 5\,(2) = 0$

$R_{VB}\,.8 + 7{,}5 - 50 - 5 - 6 - 10 = 0$

$$R_{VB} = \frac{63{,}5}{8} = 7{,}94\ kN \qquad (\uparrow)$$

(iii) $\Sigma M_B = 0$

$R_{VA}(8) + R_{HA}(1) + F_1(1) - Q_1(2)(5) + M + F_2(2) - Q_2(3)(1{,}5) = 0$

$R_{VA}\,.8 + 2\,(1) + 5\,(1) - 1\,(2)(5) + 5(2) - 1(3)(1{,}5) = 0$

$R_{VA}\,.8 + 2 + 5 - 10 + 5 + 10 - 4{,}5 = 0$

$$R_{VA} = -\frac{7{,}5}{8} = -0{,}94\ kN \qquad (\downarrow)$$

(iv) Pemeriksaan hasil perhitungan ;

$\Sigma F_V = 0$

$R_{VA} + R_{VB} - 1\ (2) - 5 = 0$

$-0{,}94 + 7{,}94 - 2 - 5 = 0$

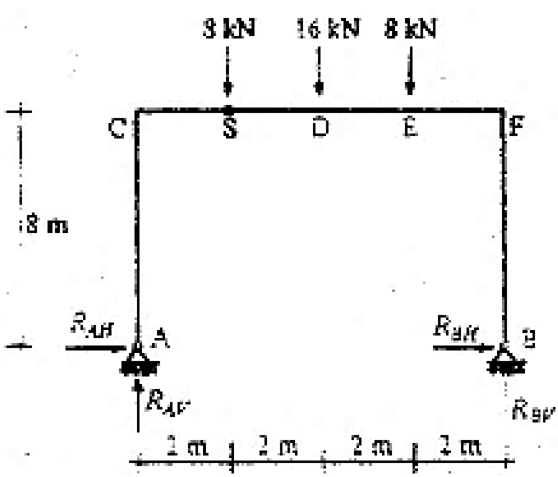
$7 - 7 = 0$ terbukti !

B. Portal Tiga Sendi

1. Struktur portal yang ada, lebih banyak merupakan struktur portal statis tak tentu, yaitu jumlah komponen reaksi lebih dari 3.
2. Misal, jika portal ditumpu pada 2 buah sendi yang masing-masing mempunyai 2 reaksi, sehingga mempunyai total reaksi 4 buah. Dengan 4 buah reaksi dan hanya 3 buah persamaan keseimbangan, maka tidak dapat diselesaikan.
3. Untuk memperoleh jumlah persamaan sama dengan jumlah reaksi, ditambahkan satu buah sendi pada portal diantara 2 tumpuan.
4. Syarat utama bahwa sendi tambahan tersebut tidak terjadi momen atau (MS = 0). Dengan demikian diperoleh satu persamaan tambahan untuk menyelesaikan 4 buah reaksi.

Kasus 3

Cari reaksi yang terjadi di tumpuan dari konstruksi portal tiga sendi berikut ini.



Jawab

(i) $\Sigma M_A = 0$

$R_{VB} .8 - 8\,(2) - 16\,(4) - 8\,(6) = 0$

$R_{VB} .8 - 16 - 64 - 48 = 0$

$$R_{VB} = \frac{128}{8} = 16\ kN \qquad (\uparrow)$$

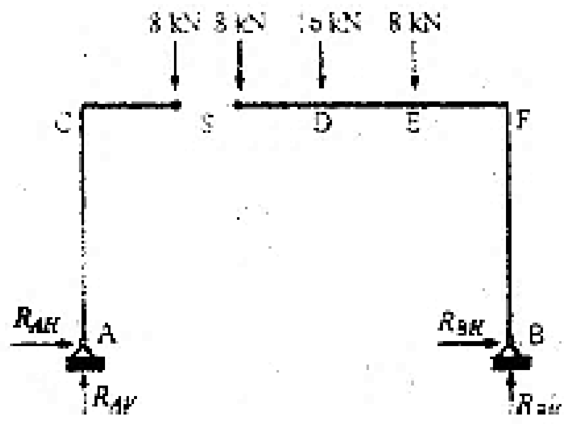
(ii) $\Sigma M_B = 0$

$R_{VA} .8 - 8\,(6) - 16\,(4) - 8\,(2) = 0$

$R_{VA} .8 - 48 - 64 - 16 = 0$

$$R_{VA} = \frac{128}{8} = 16\ kN \qquad (\uparrow)$$

(iii) Untuk mencari reaksi horizontal RHA dan RHB maka, struktur portal tiga sendi dipisahkan menjadi 2 bagian, sebelah kiri S dan sebelah kanan S.



Syarat:

Pada S (sendi) tidak boleh mengalami momen, sehingga $\Sigma MS = 0$

(iv) Potongan portal sebelah kiri S:

ΣM_S kiri $= 0$

$R_{HA} .8 - R_{VA}\,(2) = 0$

$R_{HA} .8 - 16\,(2) = 0$

$$R_{HA} = \frac{32}{8} = 4\ kN \quad (\rightarrow)$$

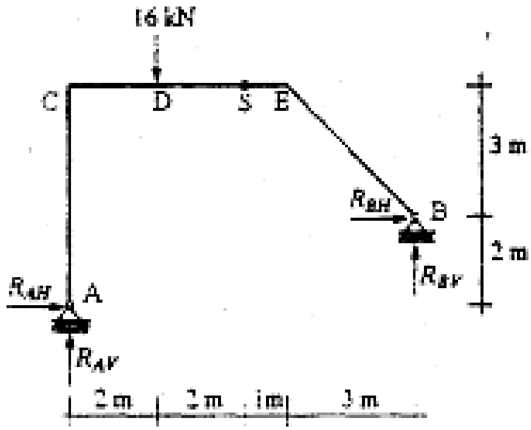
(v) Potongan portal sebelah kanan S :

ΣM_S kanan = 0
R_{HB} .8 – R_{VB} .6 – 16 (2) – 8 (4) = 0
R_{HB} .8 – 16 (6) – 16 (2) – 8 (4) = 0
R_{HB} .8 + 96 – 32 – 32 = 0

$$R_{HB} = -\frac{32}{8} = -4\ kN \quad (\leftarrow)$$

Kasus 4

Hitung reaksi pada portal 3 sendi berikut. Perhatikan perbedaan posisi dari kedua tumpuan A dan B.



Jawab

(i) $\Sigma M_A = 0$
16 (2) + R_{HB} (2) – R_{BV} (8) = 0
32 + 2 R_{HB} – 8 R_{BV} = 0 ....(1)

(ii) $\Sigma M_B = 0$
R_{VA} (8) – R_{HA} (2) – 16 (6) = 0
8 R_{VA} – 2 R_{HA} – 96 = 0 ....(2)

(iii) ΣM_S kiri = 0
R_{VA} (4) – R_{HA} (5) – 16 (2) = 0
4 R_{VA} – 5 R_{HA} – 32 = 0 .... (3)

(iv) ΣM_S kanan = 0
4 R_{VB} + 3 R_{HB} = 0 .... (4)

- Substitusi persamaan (1) dan (4)

$2\ R_{HB} - 8\ R_{VB} = -32 x 3 \quad \rightarrow 6\ R_{HB} - 24\ R_{VB} = -96$
$3\ R_{HB} + 4\ R_{VB} = 0 \quad x\ 2 \quad \rightarrow 6\ R_{HB} - 8\ R_{VB} = 0$
$-32\ R_{VB} = -96$
$R_{VB} = 3\ kN \quad (\uparrow)$

$3\ R_{HB} + 4\ R_{VB} = 0$
$3\ R_{HB} + 4\ .3 = 0$

$$R_{HB} = \frac{-12}{3} = -4\ kN \quad (\leftarrow)$$

- Substitusi (2) ke (3) :

$8\ R_{VA} - 2\ R_{HA} = 96 \quad x\ 1 \quad \rightarrow 8\ R_{VA} - 2\ R_{HA} = 96$

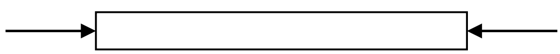
$4\ R_{VA} - 5\ R_{HA} = 32 \quad x\ 2 \quad \rightarrow 8\ R_{VA} - 10\ R_{HA} = 64$

$8\ R_{HA} = 32$
$R_{HA} = 4\ kN \quad (\rightarrow)$
$R_{AV} = 13\ kN \quad (\uparrow)$

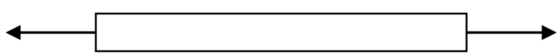
BAB 6 KONSTRUKSI RANGKA BATANG (TRUSS)

A. Rangka Batang (Truss)

1. Konstruksi yang dirancang untuk menumpu beban dan biasanya berupa struktur yang dikekang/disambung jepit penuh dan stasioner.
2. Rangka batang terdiri dari batang-batang lurus yang berhubungan pada titik-titik kumpul (SIMPUL) yang terletak di setiap ujung batang.
3. Oleh karena itu batang-batang ini merupakan BATANG DENGAN DUA GAYA yaitu batang yang mengalami dua gaya sama besar dan berlawanan arah.
4. Dua gaya tersebut merupakan gaya aksial yaitu berupa gaya tarik atau gaya tekan.



(gaya tekan)



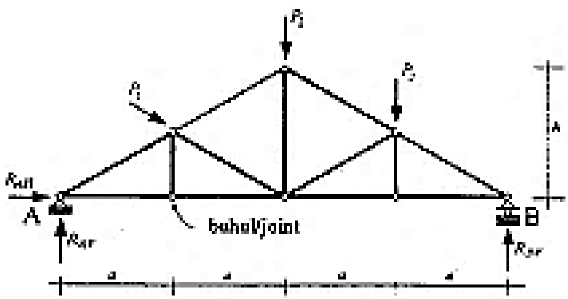
(gaya tarik)

Berlaku Hukum III Newton: AKSI = REAKSI

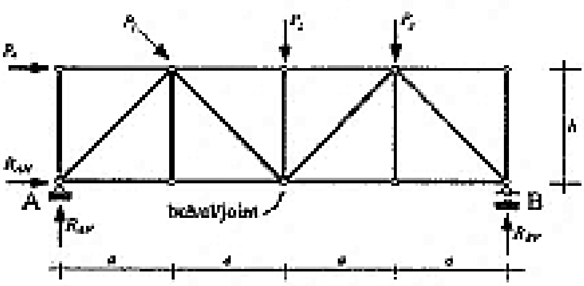
Pembahasan dibatasi pada: statis tertentu atau rangka batang sederhana.

B. Syarat Rangka Batang Sederhana

1. Sumbu batang berimpit dengan garis penghubung antara kedua ujung sendi/simpul. Titik pertemuan disebut: **titik simpul**. Garis yang menghubungkan semua simpul pada rangka batang disebut: **Garis Sistem**.
2. Muatan/beban yang bekerja pada rangka batang harus ditangkap/diteruskan pada simpul.
3. Garis sistem dan gaya luar harus terletak pada satu bidang datar.
4. Rangka batang ini harus merupakan rangka batang statis tertentu, baik ditinjau dari keseimbangan luar dan keseimbangan dalam.



(a) Rangka batang (truss) kuda-kuda



(b) Rangka batang (truss) jembatan

Bagian Rangka Batang:

1. Batang Tepi: tepi atas dan tepi bawah.
2. Batang Pengisi Diagonal
3. Batang Pengisi Tegak
4. Simpul
5. Tumpuan

Kekakuan Rangka Batang

Jika jumlah simpul : S
jumlah batang : B
jumlah reaksi : R
maka:

1. 2S – B – R = 0 rangka batang kaku
2. 2S – B – R < 0 rangka batang tidak kaku
3. 2S – B – R > 0 rangka batang statis tak tertentu.

Untuk rangka batang yang diletakkan pada tumpuan sendi dan roll, maka jumlah reaksi (R) yang diberikan berjumlah 3 reaksi (1 dari roll dan 2 dari sendi).

C. Analisis Struktur Rangka Batang

Untuk menganalisi struktur rangka batang, dilakukan 2 langkah:

1. Memeriksa kekakuan rangka, untuk statis tertentu harus memenuhi:
   $2S - B - R = 0$.
2. Menghitung keseimbangan gaya dalam.
   $\Sigma FX = 0, \Sigma Fy = 0, \Sigma M = 0$

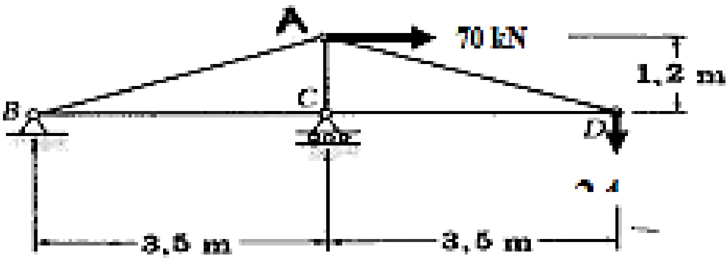
1. Metode Sambungan

(Metode Kesimbangan Titik Simpul)

a. Analisi dilakukan di sambungan / simpul / pin
b. Batang merupakan batang dan gaya, dimana satu gaya pada setiap ujung batang.
c. Berlaku hukum III Newton: Aksi = reaksi (gaya besar sama tetapi arah berlawanan).
d. Digunakan untuk menghitung gaya pada semua.

Kasus 1

Cari reaksi di tumpunan dari konstruksi rangka batang sederhana berikut dan hitung gaya masing-masing batang serta tentukan gaya tarik atau tekan.



Jawab:

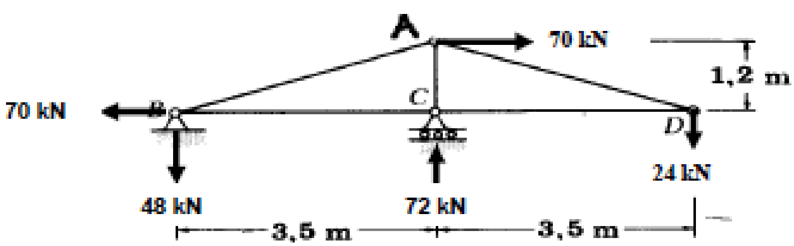
1. Pengecekan stabilitas:
   Jumlah simpul (S) = 4
   Jumlah batang (B) = 5
   Jumlah reaksi (R) = 3
   2S – B – R = 2(4) – 5 – 3 = 0 Rangka batang stabil

   $\sum M_B = 0$
   R_{VC} (3,5) – 70 (1,2) – 24 (7) = 0
   R_{VC} = 72 kN (↑)
   $\sum M_C = 0$
   R_{VB} (3,5) + 70 (1,2) + 24 (3,5) = 0
   R_{VB} = - 48 kN (↓)

   Pengecekan :
   $\sum F_V = 0 = 72 - 24 - 48 = 0$ perhitungan benar
   $\sum F_{HB} = 0$
   R_{HB} - 70 = 0
   R_{HB} = 70 kN (←)

2. Untuk menghitung besar gaya pada tiap simpul, maka digunakan prinsip polygon gaya tertutup.

3. Analisis tiap simpul dapat dibuat dalam bentuk diagram yang dikenal dengan Diagram Maxwell



Panjang batang miring :

$$AB = AD = \sqrt{(3,5)^2 + (1,2)^2} = 3,7\ m$$

- **Simpul B**

  a. $\sum F_{HB} = 0$

  $70 - F_{HBC} = 0$

  $F_{HBC} = 70$ kN (simpul B tarik, batang BC tekan)

  b. $\sum F_{VB} = 0$

  $48 - \frac{1,2}{3,7} F_{CA} = 0$ maka $F_{CA} = 148$ kN (tarik)

- **Simpul C**

  a. $\sum F_{HC} = 0$

  $70 - F_{HCB} = 0$

  $F_{HBC} = 70$ kN (simpul C tarik, batang CB tekan)

  b. $\sum F_{HC} = 0$

  $70 - F_{HCD} = 0$

  $F_{HBC} = 70$ kN (simpul C tarik, batang CD tekan)

  c. $\sum F_{VC} = 0$

  $72 - F_{VCA} = 0$

  $F_{VCA} = 72$ kN (tekan)

- **Simpul D**

  $\sum F_{VD} = 0$

  $$24 - \frac{1,2}{3,7} F_{DA} = 0 = 0$$

  $F_{DA} = 74$ kN (tarik)

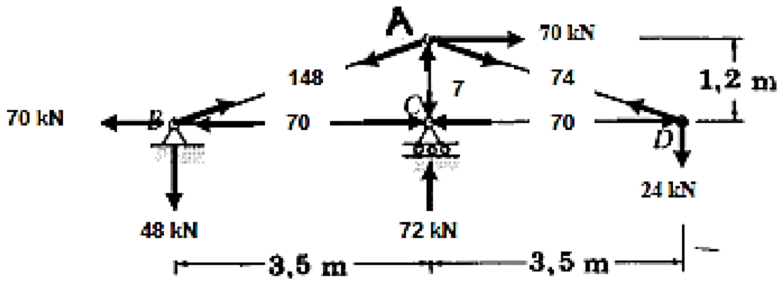
- **Simpul A**

  $\sum F_{HA} = 0$

  $$70 - \frac{3,5}{3,7} F_{AB} + \frac{3,5}{3,7} F_{AD} = 0$$

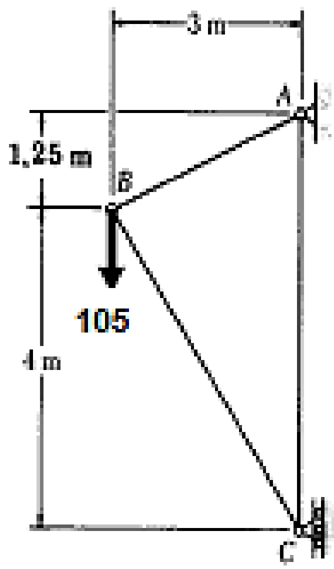
  $$70 - \frac{3,5}{3,7}(148) + \frac{3,5}{3,7}(74) = 0$$ terbukti

Hasil Akhir



Kasus 2

Hitung gaya reaksi di tumpuan dan gaya tiap batang. Berikan tanda pada batang tersebut gaya tarik atau gaya tekan.



Jawab

- Pengecekan stabilitas :
  Jumlah simpul (S) = 3
  Jumlah batang (B) = 3
  Jumlah reaksi (R) = 3

  $2S - B - R = 2(3) - 3 - 3 = 0$ Rangka batang stabil
- $\sum M_A = 0$
  R_{VC} (5,25) – 105(3) = 0
  R_{VC} = 60 kN (←)

- $\sum M_C = 0$
  R_{VA} (5,25) + 105 (3) = 0
  R_{VA} = - 60 kN (→)

- $\sum F_{HA} = 0$
  R_{HA} - 105 = 0
  R_{HA} = 105 kN (↑)

Panjang batang miring :

$$AB = \sqrt{(3)^2 + (1{,}25)^2} = 3{,}25\ m$$

$$BC = \sqrt{(3)^2 + (4)^2} = 5\ m$$

- **Simpul A**

  $\sum F_{VA} = 0$

  $$60 - \frac{3}{3{,}25} F_{AB} = 0$$

  F_{AB} = 65 kN (tarik di simpul)

  $\sum F_{HA} = 0$

  $$105 - \frac{1{,}25}{3{,}25} F_{AB} - F_{HAC} = 0$$

  $105 - 25 - F_{HAC} = 0$

  F_{HAC} = 80 kN (tarik di simpul)

- **Simpul B**

  $\sum F_{HB} = 0$

  $$105 - \frac{1{,}25}{3{,}25} F_{BA} - \frac{4}{5} F_{BC} = 0$$

  $$105 - \frac{1{,}25}{3{,}25} (65) - \frac{4}{5} F_{BC} = 0$$

  F_{BC} = 100 kN (tekan di simpul)

- Simpul C

  $\sum F_{VC} = 0$

  $60 - \frac{3}{5}(100) = 0$

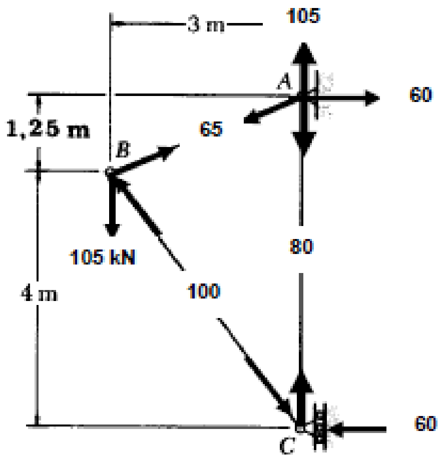
  $0 = 0$

  $\sum F_{HC} = 0$

  $80 - \frac{4}{5}(100) = 0$

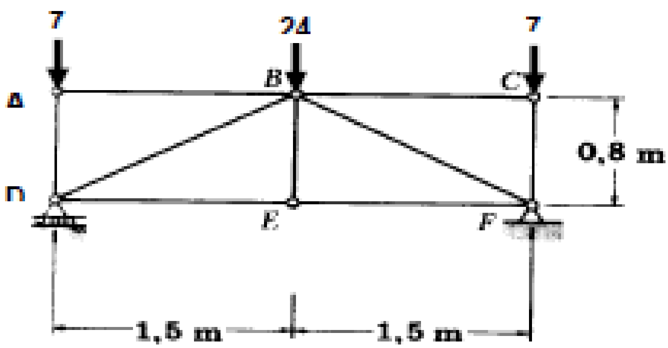
  $0 = 0$

<u>Hasil Akhir :</u>



Kasus 3

Hitung gaya reaksi di tumpuan dan gaya tiap batang. Berikan tanda pada batang tersebut gaya tarik atau gaya tekan.



Jawab

- Pengecekan stabilitas :

  Jumlah simpul (S) = 6

  Jumlah batang (B) = 9

  Jumlah reaksi (R) = 3

  $2S - B - R = 2(6) - 9 - 3 = 0$ Rangka batang stabil

- $\sum M_D = 0$

  $R_{VF}\,(3) - 7(3) - 24\,(1,5) = 0$

  $R_{VC} = 19$ kN (↑)

- $\sum M_D = 0$
  R_{VF} (3) – 7(3) – 24 (1,5) = 0
  R_{VC} = 19 kN (↑)

- $\sum M_F = 0$
  R_{VD} (3) – 7(3) – 24 (1,5) = 0
  R_{VC} = 19 kN (↑)

- Pengecekan

  $\sum F_V = 0$
  7 + 24 + 7 – 19 – 19 = 0
  0 = 0

Panjang batang miring :
$BD = BF = \sqrt{(1,5)^2 + (0,8)^2} = 1,7\ m$

- **Simpul A**
  $\sum F_{VA} = 0$
  $7 - F_{VDA} = 0$
  F_{VDA} = 7 kN (tekan di simpul A)

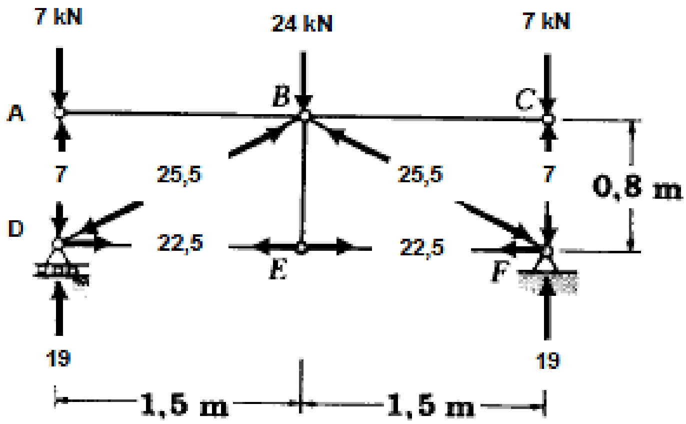
- **Simpul D**
  $\sum F_{VD} = 0$
  $19 - 7 - \frac{0,8}{1,7} F_{BD} = 0$

F_{BD} = 25,5 kN (tekan di simpul D)

$\sum F_{HD} = 0$
$F_{HDE} - \frac{1,5}{1,7}(25,5) = 0$
F_{HDE} = 22,5 kN (tarik di simpul D)

1. Karena bentuk rangka batang simetri, maka perhitungan simpul C = simpul A dan simpul F = simpul D.
2. Batang AB, BC, dan BE merupakan **batang tanpa gaya,** yang merupakan **batang penyeimbang**.

- <u>Hasil Akhir :</u>



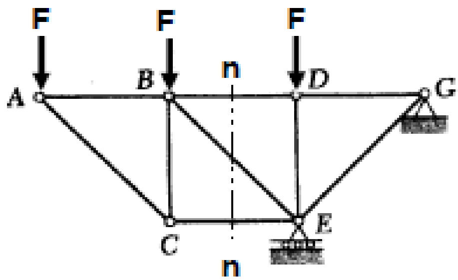
BAB 7

KONSTRUKSI RANGKA BATANG METODA POTONGAN

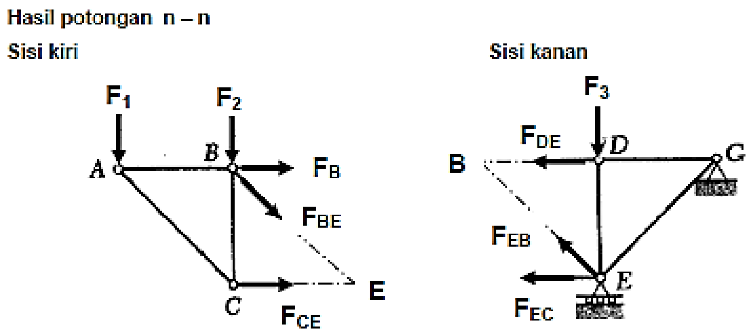
A. Metoda Potongan

1. Metode ini digunakan jika dihendaki untuk menghitung besarnya gaya pada batang tertentu.
2. Prinsip Dasar:
   a. Seluruh gaya yang bekerja pada potongan (bagian kiri atau kanan struktur yang terpotong), harus memenuhi persamaan keseimbangan statis:
      Σ FX = 0
      Σ Fy = 0
      Σ M = 0
   b. Perhitungan gaya batang tidak harus dimulai secara berurutan, tetapi dapat langsung pada batang yang diinginkan.
   c. Potongan harus melalui/memotong batang yang akan dihitung gayanya, sehingga dapat digambarkan diagram benda bebasnya (DBB).
   d. Batang yang akan dihitung gaya batangnya dianggap mengalami tarikan dan diberi nilai positif (+). Hal ini dimaksudkan sebagai **asumsi awal** untuk mempermudah analisis.
   e. Maksimum jumlah batang yang dapat/boleh dipotong adalah: **3 batang.**

Contoh:



Jika diinginkan untuk mencari harga gaya pada batang BD, BE, BC maka dapat dilakukan pemotongan pada tersebut ditunjukkan dengan garis (n – n)

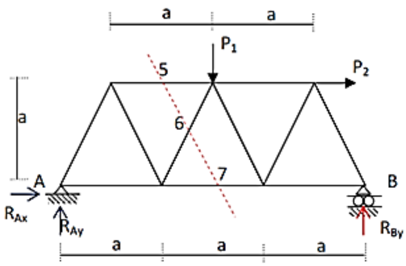


F_{BE} dapat diuraikan arah x dan y (vertikal dan horisontal)
Untuk menyelesaikan:

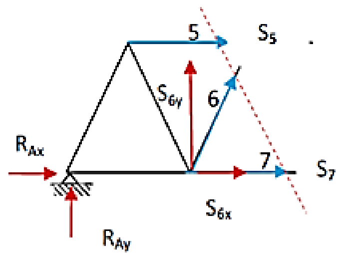
1. FBD dengan Σ ME = 0
2. FCE dengan Σ MB = 0
3. FBE dengan Σ Fy = 0
4. Di cek dengan Σ FX = 0, Σ Fy = 0, Σ M = 0

B. Potongan Ritter

Adalah cara untuk mencari gaya batang pada konstruksi kerangka batang dan biasa disebut dengan metoda potongan RITTER



Gambar 7.1



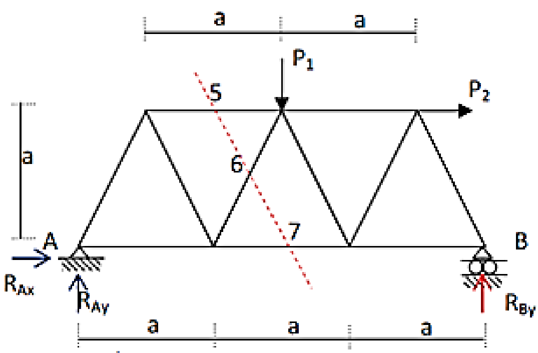
Gambar 7.2

Menghitung gaya batang 5, 6 dan 7 dengan cara potongan atau potongan Ritter

Penyelesaian

1. Buat Free Body Diagram dari gambar konstruksi disamping
2. Cari R_A dan R_B dengan persmaan kesetimbangan.

Bila Gaya Batang S_5, S& dan S_7 Diketahui
Maka
Tegangan Batang Tang S_5, S_6 dan 5_7 Juga Bisa Dihitung



Gambar 7.1

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\rightarrow \oplus \quad R_{Ax} + P_2 = 0$$

$$R_{Ax} = -P_2$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\uparrow \oplus \quad R_{Ay} - P_1 + R_{By} = 0$$

$$R_{Ay} = +P_1 - R_{By}$$

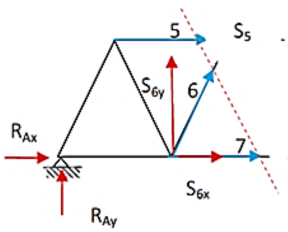
$$\Sigma M_A = 0$$

$$\oplus \quad -P_1 \cdot 1{,}5a - P_2 \cdot a + R_{By} \cdot 3a = 0$$

$$R_{By} = \frac{P_1 \cdot 1{,}5a - P_2 \cdot a}{3a}$$

$$R_{By} = \frac{P_1 \cdot 1{,}5 + P_2}{3}$$

Potong batang 5, 6, 7 (lihat gambar 7.2 hasil pemotongan gambar 7.1



Gambar 7.2

1. Dari gammbar potonngan dianalisa potonngan sebelah kiri
2. Cari S_5 S_6 dan S_7 dengan persmaan kesetimbangan.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\rightarrow \oplus \quad R_{Ax} + S_5 + S_{6x} + S_7 = 0$$

$$-P_2 + S_5 + S_6 \cos\theta + S_7 = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\uparrow \oplus \quad R_{Ay} + S_{6y} = 0$$

$$R_{Ay} = -S_6 y = S_6 \sin\theta$$

$$S_6 = \frac{R_{Ay}}{\sin\theta}$$

$$\Sigma M_C = 0$$

$$\oplus \quad -R_{Ay} \cdot a - S_5 \cdot a = 0$$

$$S_5 = -R_{Ay}$$

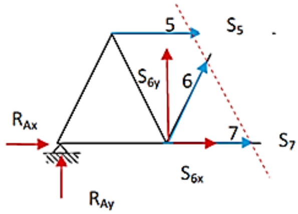
Jadi dengan cara subtitusi pers diatas didapat :

$$-P_2 + S_5 + S_6 \cos\theta + S_7 = 0$$

$$-P_2 - R_{Ay} + \frac{R_{Ay}}{\sin\theta} \cos\theta + S_7 = 0$$

$$-P_2 - R_{Ay}\left(1 - \frac{\cos\theta}{\sin\theta}\right) + S_7 = 0$$

$$S_7 = P_2 + R_{Ay}\left(1 - \frac{\cos\theta}{\sin\theta}\right)$$



Gambar 7.2

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\uparrow\oplus \quad R_{Ay} + S_{6y} = 0$$

$$R_{Ay} = -S_{6y} = -S_6 \sin\theta \qquad 2)$$

$$S_6 = -\frac{R_{Ay}}{\sin\theta}$$

$$\Sigma Mc = 0$$

$$\oplus \quad -S_5 \cdot a - S_{6y} \cdot a = 0$$

$$S_5 \cdot a = S_6 \sin\theta \cdot a = 0 \qquad 3)$$

$$S_5 = S_6 \sin\theta$$

Dengan cara yang sama penggunaan pers kesetimbangan diatas bisa dicari S_5, S_6 dan S_7

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\rightarrow\oplus \quad R_{Ax} + S_5 + S_7 + S_{6x} = 0$$

$$S_5 = -R_{Ax} - S_7 - S_6 \cos\theta \qquad 1)$$

$$S_5 = -(-P_2) - S_7 - S_6 \cos\theta$$

$$S_5 = P_2 - S_7 - S_6 \cos\theta$$

Dengan cara subtitusi persamaan 3), 2) ke persamaan 1 diperoleh :

$$S_5 = P_2 - S_7 - S_6 \cos\theta$$

$$S_6 \sin\theta = P_2 - S_7 + S_6 \cos\theta$$

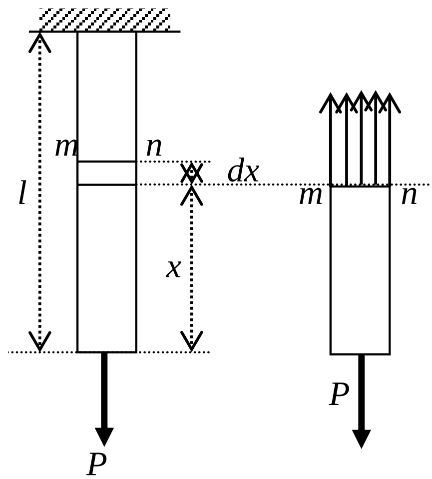
$$S_6 \sin\theta - S_6 \cos\theta = P_2 - S_7$$

$$S_6 (\sin\theta - \cos\theta) = P_2 - S_7$$

$$S_6 = \frac{P_2 - S_7}{(\sin\theta - \cos\theta)}$$

BAB 8 ANALISA TEGANGAN DAN REGANGAN

A. Analisa Tegangan dan Regangan



$\delta =$ pertambahan panjang batang

$(l_1 - l) = \Delta l$

$\varepsilon =$ tensile strain (regangan tarik)

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100\%$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \rightarrow \text{tegangan tarik}$$

$\mathrm{E} =$ modulus elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\frac{\delta}{l} = \varepsilon \rightarrow E = \frac{\frac{P}{A}}{\frac{\delta}{l}} \rightarrow \frac{\delta}{l} \cdot E = \frac{P}{A}$$

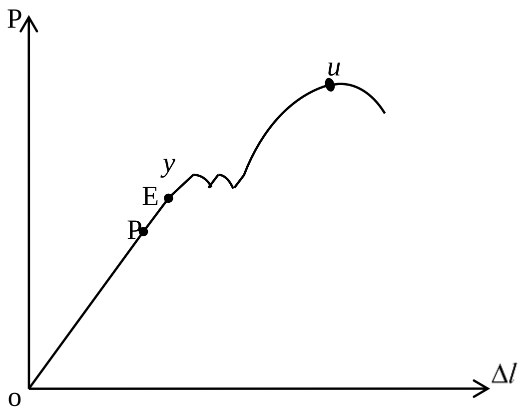
$$\sigma = \frac{P \cdot l}{A \cdot E} \rightarrow \text{HukumHook}$$

$$\delta = \text{satuanin}$$

$$\text{l} = .\!-\!,\!-\text{in}$$

$$\text{A} = .\!-\!,\!-\text{in}^2$$

$$E = .\!-\!,\!-\frac{lb}{in^2}$$



Rumus tersebut hanya berlaku pada daerah elastic. Artinya setelah gaya dihilangkan tidak terjadi perubahan bentuk
Tegangan karena gaya P

$$\sigma_1 = \frac{P}{A} \rightarrow (lb/in^2)$$

Tegangan karena paengaruh berat balok sepanjang x dari ujung balok σ_2

Berat balok = $A \cdot x \cdot \gamma \rightarrow (lb)$

$$\sigma_2 = \frac{A \cdot x \cdot \gamma}{A} = x \cdot \gamma \quad (lb/in^2)$$

Sehinggga tegangan total pada penampang m-n

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$$

$$\sigma = (\frac{P}{A} + x \cdot \gamma) \quad \rightarrow \quad (lb/in^2)$$

Tegangan kerja (*working stress*) = σ_w dan tegangan pada pangkal batang dimana x = l

$$\sigma_w = (\frac{P}{A} + l \cdot \gamma) \quad \rightarrow \quad (lb/in^2)$$

$$\sigma_w = (\frac{P}{A} + \frac{l \cdot \gamma \cdot A}{A}) \quad \rightarrow \sigma_w A = P + l \cdot \gamma \cdot A$$

$$\sigma_w A - l \cdot \gamma \cdot A = P \quad \rightarrow A(\sigma_w - l \cdot \gamma) = P$$

sehingga

$$A = \frac{P}{(\sigma_w - l \cdot \gamma)}$$

Dimana:

A	=	luas penampang m^2
P	=	gaya yang bekerja N
σ_w	=	tegangan kerja
γ	=	berat specifik benda
L	=	panjang batang
Tegangan total	=	tegangan maksimal pada pangkal batang

$$\sigma_{maks} = (\frac{P}{A} + x \cdot \gamma) \quad \rightarrow \quad (lb/in^2)$$

$$\sigma_{maks} = (\frac{P + l \cdot \gamma \cdot A}{A}$$

B. Pertambahan Panjang Batang

Pertambahan panjang batang balok sepanjang dx $\rightarrow d\delta$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad \rightarrow d\delta = \varepsilon \cdot dx \quad sehingga \quad d\delta = \frac{\sigma}{E} dx$$

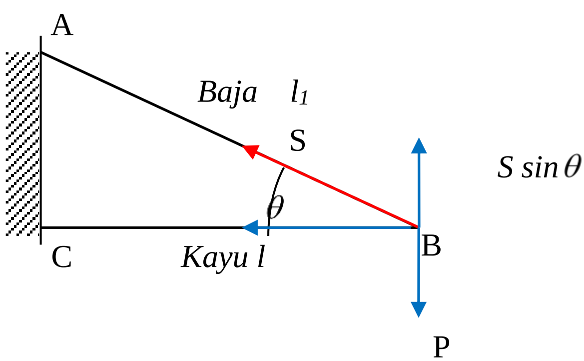
$$\sigma = (\frac{P + x \cdot \gamma \cdot A}{A})$$

$$d\delta = (\frac{P + x \cdot \gamma \cdot A}{AE}) dx)$$

$$\int d\delta = \int_0^l (\frac{P + x \cdot \gamma \cdot A}{AE}) dx$$

$$\delta = \frac{1}{AE}(Pl + \frac{\gamma \cdot A \cdot l^2}{2}) \quad \rightarrow \delta = \frac{2Pl + \gamma \cdot A \cdot l^2}{2AE}$$

Contoh 1:



Diket:

AB = balok baja

BC = balok kayu

P = 6000 lb

σ_w = tegangan balok baja diketahi besarnya

Ditanyakan θ agar balok AB beratnya minimal

Jawab

BC = l

AB = l_1

$$\cos\theta = \frac{l}{l_1} \rightarrow l_1 = \frac{l}{\cos\theta}$$

$$S\sin\theta = P \rightarrow S = \frac{P}{\sin\theta}$$

Luas penampang balok = A

$$\sigma_w = \frac{S}{A} = \frac{P}{A\sin\theta} \rightarrow A = \frac{P}{\sigma_w \sin\theta}$$

Volume balok AB

$$A \cdot l_1 = \frac{P}{\sigma_w \sin\theta} \cdot \frac{l}{\cos\theta}$$

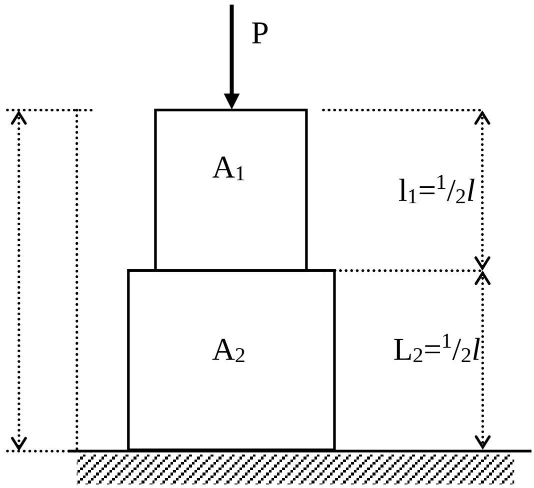
$$V = \frac{P \cdot l}{\sigma_w \sin\theta \cos\theta} \rightarrow V = \frac{P \cdot l}{\sigma_w \frac{1}{2}\sin 2\theta} \rightarrow V = \frac{2P \cdot l}{\sigma_w \sin 2\theta}$$

Volume minimum bila $(\frac{1}{\sin 2\theta})$ min atau $\sin\theta = maks$

$\sin 2\theta \quad maks = 1$

$2\theta = 90^o \rightarrow \theta = 45^o$

Contoh 2:



Diket:
P = 600 000 lb
L = 120 ft

$\gamma = 100 \quad lb/ft^3$

$\sigma_w = 150 \quad lb/in^2$

Ditanya = Volume tiang

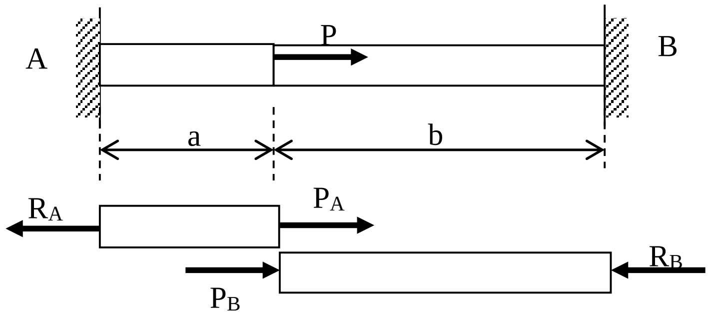
Luas penampang tiang atas
A_1= luas penampang tiang atas

$$A_1 = \frac{P}{\sigma_w - \gamma\, l_1}$$

Beban P_2 adalah beban akibat P dan berat batang pada luas penampang A_2 adalah $P_2 = P + A_1 l_1 \gamma$

$$A_2 = \frac{P_2}{\sigma_w - \gamma\, l_2}$$

Jadi, Volume tiang = volume tiang 1 + volume tiang 2



P = diket, Luas penampang A dan modulus Elastisitas E
Berapa R_A da. R_B

$P = P_A + P_B$ pers 1

$R_A = P_A$ pers 2

$R_B = P_B$ pers 3

$\delta_A = \frac{P_A a}{AE}$ *dan* $\delta_B = \frac{P_B b}{AE}$ maka $\delta_A + \delta_B = 0$ karena balok tidak berubah

$$\frac{P_A a}{AE} - \frac{P_B b}{AE} = 0$$

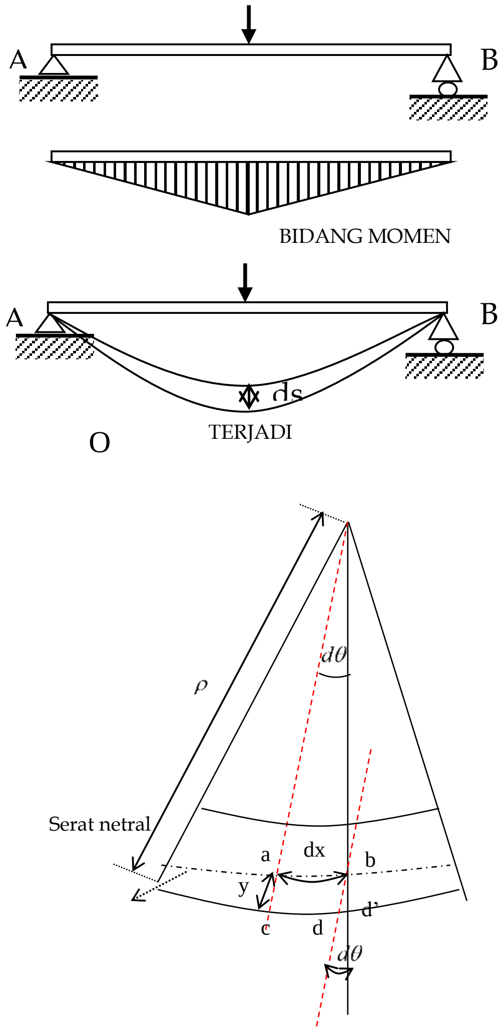
$P_A a = P_B b$ pers 4

Dengan cara subtitusi dari keempat persamaan di atas didapat R_A dan R_B

$$P_A = \frac{P_B b}{a} = R_A$$

$$P_B = \frac{P_A a}{b} = R_B$$

C. Tegangan Normal pada Balok dengan Beban Lentur



Gambar 8.1 Tegangan Normal

Pada gambar di atas suatu konstruksi karena beban P maka terjadi reaksi dalam (lintang dan momen) dan terjadi lenturan. reaksi-reaksi dalam tersebut menimbulkan tegangan kerja pada balok, satu diantaranya adalah tegangan normal.

Diambil sebuah potongan pada balok lentur sepanjang ds. Karena pembebanan elemen ds mempunyai kelengkungan dengan radius ρ dan O adalah pusat kelengkungannya.

Bagian yang tidak mengalami deformasi dinamakan serat netral, diatas serat netral balok bertambah pendek dan dibawah serat netral pertambah panjang.

Diambil bagian a-b sepanjang dx, c-d sejauh y, kemudian dibuat b-d sejajar a-c.

Besarnya $dx = \rho \cdot d\theta$ atau $\frac{1}{\rho} = \frac{d\theta}{dx}$

Pada bagian c-d′ balok bertambah panjang dengan c-d′ - ab = d-d′=y dθ

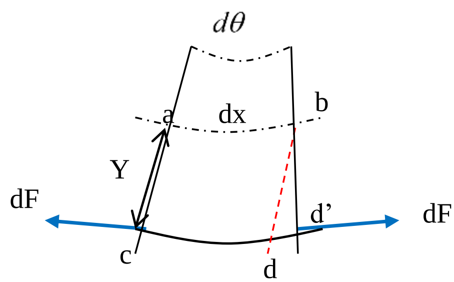
$$Strain(\varepsilon) = \frac{pertambahan\ panjang}{panjang\ semula}$$

$$\frac{d - d'}{dx} = \frac{yd\theta}{dx} = \frac{y}{\rho}$$

$$Elastisitas = \frac{stress}{strain}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Diperbesar



$$E = \frac{\sigma}{\frac{y}{\rho}} \rightarrow E\frac{y}{\rho} = \sigma$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\sigma}{Ey}$$ .... pers. 5

Elemen gaya

$$dF = \sigma \cdot dA$$

$$dF = \frac{Ey}{\rho} dA$$

Kita ingin mencari dimana letak dari pada serat netral, gaya dF bekerja pada penampang I-I terjadi keseimbangan gaya $\sum dF = 0$

Atau

$$\int dF = \int \frac{E}{\rho} ydA = \frac{E}{\rho} \int ydA = 0$$

$$\frac{E}{\rho} \neq 0 \quad jadi \quad \int ydA = 0$$

$$\int ydA = y_c \cdot A$$

$y_c = 0$

Yc adalah jarak titik berat elemen, Terhadap serat netral, karena A (luasan) $\neq$ 0 dan y_c=0. Jadi dapat dibuktikan bahwa serat netral berimpit dengan titik beratnya. Akan dicari berapa tegangan normal yang terjadi akibat pembebanan. Elemen gaya dF terhadap serat netral besarnya $dM = y \cdot dF = \frac{E}{\rho}\int y^2 dA$

$\int y^2 dA$ adalah momen Inersia linier dari penampang balok terhadap serat netral.

$I_b = \int y^2 dA$ jadi $M = \frac{E}{\rho} I_b \rightarrow \frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI_b}$ pers.6

Dengan cara subtitusi pers.5 dan pers. 6 didapatkan

$$\frac{\sigma}{Ey} = \frac{M}{EI_b} \rightarrow \sigma = \frac{M \cdot y}{I_b} \rightarrow \frac{M}{I_b / y}$$

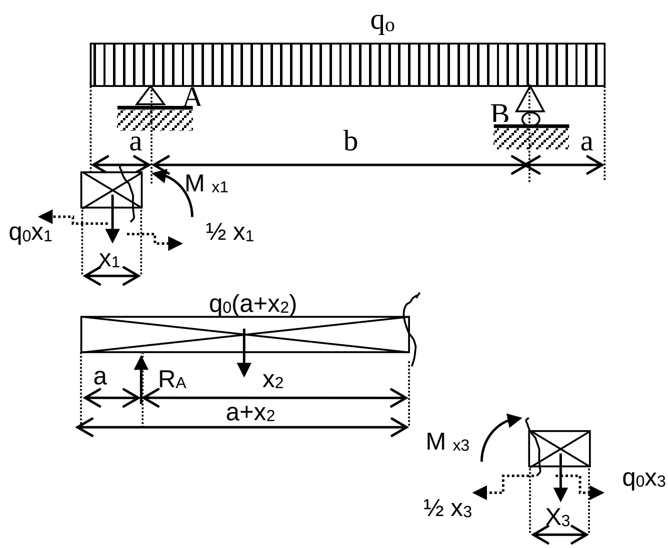
Ternyata harga σ pada suatu penampang harganya tergantung dari y dan untuk y_{mak} didapatkan harga tegangan maksimal

$$\sigma_{mak} = \frac{M}{I_b / y_{mak}}$$

$I_b / y_{mak} = W_b$ adalah momen tahanan garis penampang serat netral jadi besarnya tegangan normal maksimal akibat pembenan lentur bisa ditulis

$$\sigma_{mak} = \frac{M}{W_b}$$

Contoh 3:



Pada konstruksi di samping carilah tegangan–tegangan normal pada bagian-bagian yang momennya dianggap kritis

Penyelesaian

Cari dengan persamaan kesetimbangan didapatkan $R_A = R_B = \frac{q_0}{2}(b+2a)$

Untuk mencari bidang momen pada potongan 1

$$M_{x1} = \frac{q_0 x_1^{\ 2}}{2}$$

Untuk x_1=0 $\quad M_{x1} = 0$

$$jika \quad M_{x_2} = 0$$

$$M_{x2} = \frac{q_0}{2}(a+x_2)^2 - \frac{q_0}{2}(b+2a)x_2 = 0$$

$$(a+x_2)^2 - (b+2a)x_2 = 0$$

$$x_2^{\ 2} - bx_2 + a^2 = 0$$

$$(x_2)_1 = \frac{b+\sqrt{b^2-4a^2}}{2}$$

$$(x_2)_2 = \frac{b-\sqrt{b^2-4a^2}}{2}$$

Untuk $x_1 = a$

$$M_{x1} = \frac{q_0 a^2}{2}$$

Untuk mencari bidang momen pada potongan 2

$$M_{x2} = \frac{q_0}{2}(a+x_2)^2 - R_A x_2$$

$$M_{x2} = \frac{q_0}{2}(a+x_2)^2 - \frac{q_0}{2}(b+2a)x_2$$

$$untuk \quad x_2 = 0$$

$$M_{x2} = \frac{q_0}{2}(a_2)^2 = M_A$$

$$untuk \quad x_2 = b$$

$$M_{x2} = M_B = \frac{q_0}{2}(a)^2$$

Untuk mencari bidang momen pada potongan 3

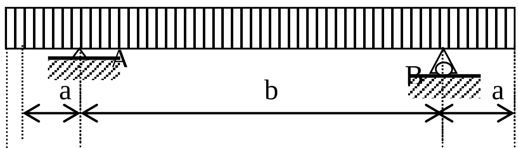
$$M_{x_3} = \frac{q_0}{2}(x_3)^2$$

$$untuk \quad x_3 = 0$$

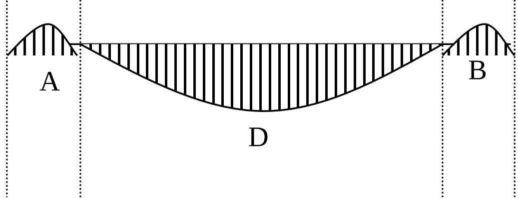
$$M_{x3} = 0$$

$$untuk \quad x_3 = a$$

$$M_{x_3} == \frac{q_0}{2}(a)^2 = M_B$$



Gambar dari bidang momennya



Ternyata bagian yang kritis adalah A, B dan D (bidang momen maksimum).
Titik D terletak pada x_2 =1/2
Jadi

$$M_D = M_{x2} = \frac{q_0}{2}(a + x_2)^2$$

$$M_D = M_{x2} = \frac{q_0}{2}(a + 1/2)^2$$

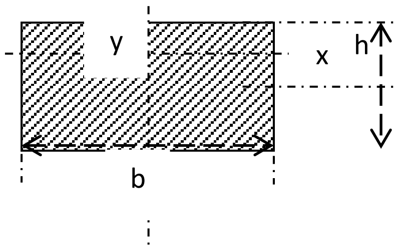
$$M_D = M_{x2} = \frac{q_0}{2}(a^2 + 1/4)$$

Jadi momen pada bagian-bagian yang kritis adalah:

$$M_A = M_B = \frac{q_0}{2}(a)^2$$

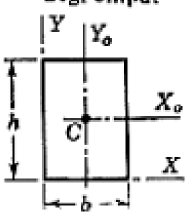
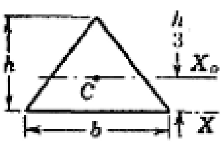
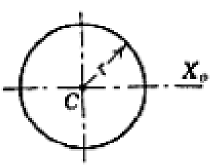
$$M_D = M_{x2} = \frac{q_0}{2}(a^2 + 1/4)$$

Mencari momen tahanan (W_b) dari penampang

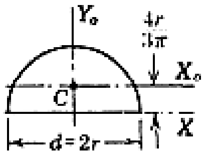


Momen Inersia Bidang Komposit

Tabel 8.1 Momen Inersia untuk Berbagai Bentuk Geometris

BENTUK	MOMEN INERSIA	
Segi empat 	$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{12}$ $I_x = \frac{bh^3}{3}$	$\bar{k}_x = \frac{h}{\sqrt{12}}$ $k_x = \frac{h}{\sqrt{3}}$
Segi tiga sebarang 	$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{36}$ $I_x = \frac{bh^3}{12}$	$\bar{k}_x = \frac{h}{\sqrt{18}}$ $k_x = \frac{h}{\sqrt{6}}$
Lingkaran 	$\bar{I}_x = \frac{\pi r^4}{4}$ $\bar{J} = \frac{\pi r^4}{2}$	$\bar{k}_x = \frac{r}{2}$ $\bar{k}_z = \frac{r}{\sqrt{2}}$

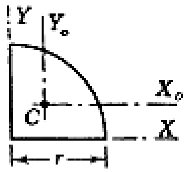
Setengah lingkaran



$$I_x = \bar{I}_y = \frac{\pi r^4}{8} \qquad k_x = \bar{k}_y = \frac{r}{2}$$

$$\bar{I}_x = 0.11 r^4 \qquad \bar{k}_x = 0.264 r$$

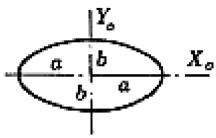
Seperempat lingkaran



$$I_x = I_y = \frac{\pi r^4}{16} \qquad k_x = k_y = \frac{r}{2}$$

$$\bar{I}_x = \bar{I}_y = 0.055 r^4 \qquad \bar{k}_x = \bar{k}_y = 0.264 r$$

Elips



$$\bar{I}_x = \frac{\pi a b^3}{4} \qquad \bar{k}_x = \frac{b}{2}$$

$$\bar{I}_y = \frac{\pi b a^3}{4} \qquad \bar{k}_y = \frac{a}{2}$$

Dari tabel untuk penampang seperti gambar di samping moment tahanan (W_b) adalah

$$W_{xx} = \frac{I_b}{y_{maks}} = \frac{bh^3/12}{(1/2)h} = \frac{bh^2}{6}$$

Jadi tegangan – tegangan pada bagian kritis adalah

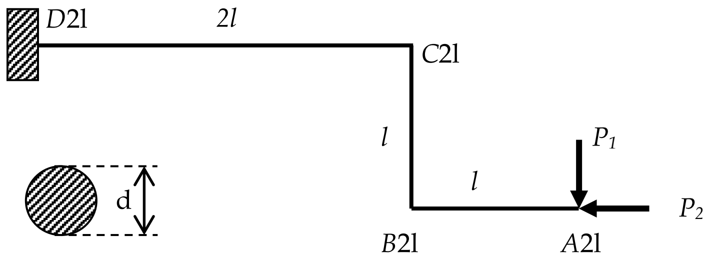
$$\sigma_A = \frac{M_A}{W_b} = \frac{q_o a^2 / 2}{bh^2/6} = \frac{q_o a^2}{3bh^2}$$

$$\sigma_B = \frac{M_B}{W_b} = \frac{\frac{q_0}{2}(a^2 - \frac{1}{4})}{bh^2/6}$$

Contoh 4:

Carilah tegangan di titik A, B, C dan D

Bila diketahui penampang balok berbentuk lingkaran dengan diameter d seperti gambar. Dan gaya P_1 dan P_2.

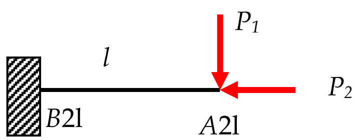


Penyelesaian:

Momen Tahanan dari balok bisa dilihat dari table di atas

$$W_{xx} = \frac{\pi \cdot d}{32}$$

Dan luas penampang $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$



Anggap balok A – B dijepit di B dan bebani dengan gaya-gaya P_1 dan P_2.

Karena pembebanan P_1 dan P_2 terjadi beban-beban normal dan beban momen pada balok AB seperti gambar disamping.

Di titik A. beban-beban yang bekerja adalah tegangan normal karena P_2

$$\sigma_A = \frac{P}{A} = \frac{-P_2}{\frac{1}{4}\pi \cdot d^2} = \frac{-4P_2}{\pi \cdot d^2}$$

Di titik B.

1. adalah tegangan normal karena beban P_2

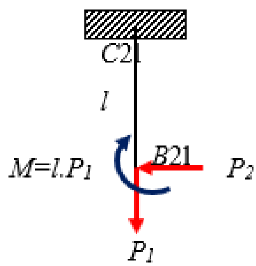
$$\sigma_{B1} = \frac{P}{A} = \frac{-P_2}{\frac{1}{4}\pi \cdot d^2} = \frac{-4P_2}{\pi \cdot d^2}$$

2. tegangan karena beban momen yang bekerja adalah

$$\sigma_{B2} = \frac{M}{W_b} = \frac{P_1 \cdot l}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{32P_1}{\pi \cdot d^3}$$

Jadi tegangan total adalah

$$\sigma_{Btot} = \sigma_{B1} + \sigma_{B2} = \frac{-4P_2}{\pi \cdot d_2} + \frac{M}{W_b} = \frac{-4P_2}{\pi \cdot d_2} + \frac{32P_1}{\pi \cdot d^3}$$



Anggap balok B – C dijepit di C dan gaya P_2 dipindahkan dari titik A ke B dan P_1. Dipindahkan ke B dan membentuk momen M =P_1. l

Akibat beban P_1, P_2 dan M =P_1. l maka balok B-C terjadi beban-beban normal dan beban momen seperti gambar disamping.

Di titik C.

1. beban-beban yang bekerja adalah tegangan normal karena P_1

$$\sigma_{C1} = \frac{P}{A} = \frac{P_2}{\frac{1}{4}\pi \cdot d^2} = \frac{4P_2}{\pi \cdot d^2}$$

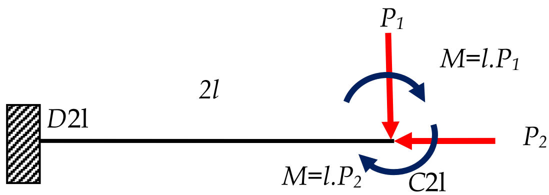
2. beban-beban yang bekerja adalah tegangan normal karena momen

   $P_1.l+P_2.l=(P_1+P_2)l=2Pl$

$$\sigma_{C2} = \frac{M}{W} = \frac{2P \cdot l}{\frac{\pi}{32} \cdot d^3} = \frac{64P \cdot l}{\pi \cdot d^3}$$

Jadi tegangan total tegangan yang terjadi

$$\sigma_{Ctot} = \sigma_{C1} + \sigma_{C2} = \frac{4P_2}{\pi \cdot d_2} + \frac{64P \cdot l}{\pi \cdot d^3}$$



Untuk Balok D-C

Gaya P_1 di dipindahkan dari titik A ke C dan momen $M_1 = P_1 . l$.

Serta beban P_2 dan $M_2 = P_2 . l$

Jadi total beban di C adalah P_2 dan $M = M_1 + M_2 = P_2 . l + P_2 . L = 2Pl$

Akibat beban tersebut pada balok D-C terjadi tegangan yang besarnya:

1. beban-beban yang bekerja karena P_2

$$\sigma_{D1} = \frac{P}{A} = \frac{-P_2}{\frac{1}{4}\pi \cdot d^2} = \frac{-4P_2}{\pi \cdot d^2}$$

2. Beban-beban yang bekerja karena momen

   $M_3 = M_2 + 2P_1 l = 2pl + 2pl = 4pl$

$$\sigma_{D2} = \frac{M}{W} = \frac{4P \cdot l}{\frac{\pi}{32} \cdot d^3} = \frac{128P \cdot l}{\pi \cdot d^3}$$

Jadi tegangan total yang terjadi

$$\sigma_{CDot} = \sigma_{D1} + \sigma_{D2} = \frac{-4P_2}{\pi \cdot d_2} + \frac{128P \cdot l}{\pi \cdot d^3}$$

DAFTAR PUSTAKA

BEER, F. P., & JOHNSTON, E. R. (1989). *Mekanika untuk insinyur statika*. Erlangga.

Beer, F. P., Johntson, E. R., Jr, Mazurek, D. f., Cornwell, P. J., & Eisenberg, E. R. (2009). *Vector Mechanis Statics and Dynamics* (Ninth Edit). McGraww-Hill Book Company. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm

Gross, D., Ehlers, W., Wriggers, P., & Schröder, J. (2017). *Formulas and Problems*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53854-8

Meriam and Kraige. (2016). *Meriam J.L., Kraige L.G. - Engineering Mechanics_ Statics. Instructors Solution Manual*.

To, U., & Units, S. I. (2012). *Conversion Factors U . S . Customary Units to SI Units*.

TENTANG PENULIS

Kadaryono

Lahir di Jombang, 11 April 1966. Lulus S1 pada program studi Teknik Mesin pada tahun 1992 di Universitas Darul 'Ulum Jombang. Lulus S2 pada program studi Magister Teknik Mesin pada tahun 2013 di Institut Teknologi Sepuluh Novemver Surabaya. Meniti karir sebagai dosen di Universitas Darul 'Ulum Jombang sejak tahun Februari 1994 sampai sekarang. Aktif meneliti dan menulis di bidang Mikrohidro, Statika Struktur. Dan juga aktif tim ahli mekanikal engineering di CV. Tekun Barokah sampai sekarang.