

Sesi Perkuliahan ke : 5-7

I. Sasaran Pembelajaran

Pada akhir sesi ini mahasiswa diharapkan mampu:

1. Memahami sistem tumpuan sederhana
2. Menguraikan jenis-jenis landasan & pembebanan pada balok tumpuan sederhana
3. Menentukan gaya reaksi, momen, gaya normal secara analitis & grafis

II. Topik Kajian/Bahasan:

"SISTEM TUMPUAN SEDERHANA"

III. Deskripsi singkat:

Dalam sesi ini Anda akan mempelajari sistem tumpuan sederhana, jenis landasan & pembebanan, serta menghitung gaya reaksi, momen, gaya normal pada balok ditumpu dua tumpuan, secara analitis & grafis.

IV. Bahan Bacaan Utama

5. Husin, Bustam. (1989). **Mekanika Teknik, Statis Tertentu**. Penerbit CV. Asona. Jakarta.
6. Pytel, Andrew & Kiusalaas, Jaan. (2010). **Engineering Mechanics Statics, Third Edition**. Canada: Cengage Learning.
7. Sardjono. (1990). **Mekanika Teknik, Statis Tertentu dan Pembahasan Soal-Soal** Erlangga. Jakarta.
8. Gunawan, T. & Margaret, R. (1985). **Soal-Soal Praktis dalam Mekanika Teknik I dan II**. Jakarta: Delta Teknik Group.

V. Bahan Bacaan Pendukung

1. Karnovsky, Igor A. & Lebed, Olga (1998) **Advanced Methods of Structural Analysis**. New York: Springer.
5. Schierle, G.G (2006), **Architectural Structures**, California: University of Shoutern.
2. Hibbeler, C.Russel (2008), **Structural Analysis Solution**. Seventh Edition. New York: Pearson Prentice Hall, Pearson Education, Inc.

VI. Pertanyaan Kunci/Tugas

Pada saat Anda membaca materi berikut, gunakanlah pertanyaan-pertanyaan berikut ini untuk memandu Anda.

1. Jelaskan sistem tumpuan sederhana
2. Uraikan jenis-jenis landasan & pembebanan pada balok tumpuan sederhana
3. Latihan menentukan gaya reaksi, momen, gaya normal secara analitis & grafis

SISTEM TUMPUAN SEDERHANA

BALOK DITUMPU DUA TUMPUAN

A. Landasan/Tumpuan

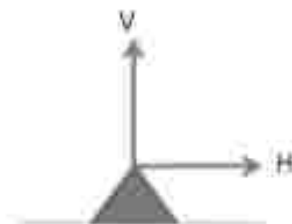
Tumpuan adalah tempat bersandarnya konstruksi dan tempat bekerjanya reaksi. Jenis tumpuan berpengaruh terhadap jenis konstruksi, sebab setiap jenis tumpuan mempunyai karakteristik sendiri. Jenis tumpuan tersebut adalah:

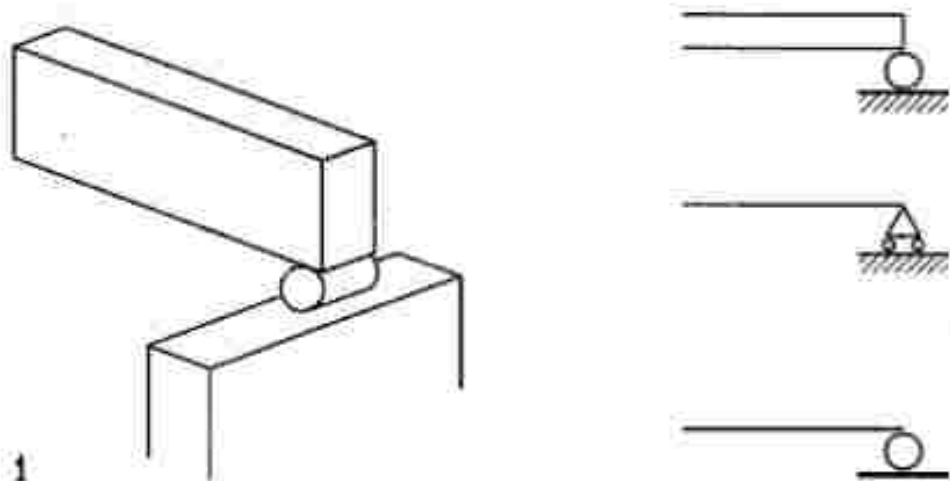
1. Tumpuan Sendi / Engsel
2. Tumpuan Rol
3. Tumpuan Jepit
4. Tumpuan Gesek
5. Tumpuan Bidang Rata
6. Tumpuan Tali Pendel
7. Tumpuan Titik

Dari jenis – jenis tumpuan tersebut yang banyak dijumpai dalam bangunan adalah tumpuan Sendi, Rol, dan Jepit. Dengan demikian hanya tumpuan Sendi, Rol, dan Jepit yang akan diuraikan karakteristiknya.

1. Sendi/Engsel

- Untuk menahan gaya tekan, tarik dengan arah sembarang, melalui pusat sendi.
- Tidak dapat menahan momen atau meneruskan momen.
- Diproyeksikan atas reaksi vertikal & horisontal.

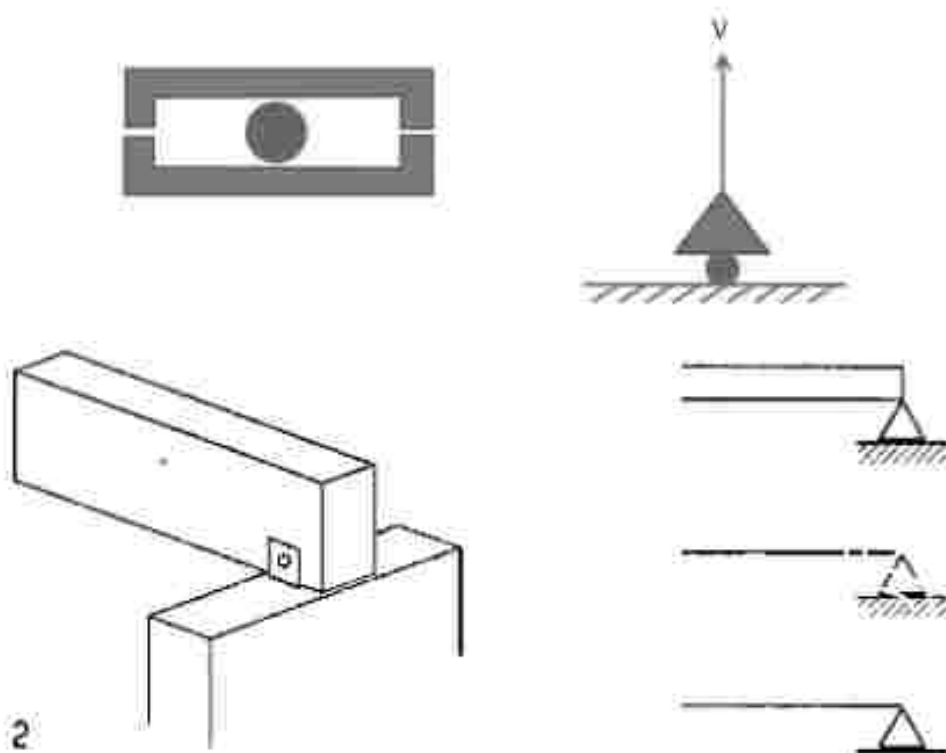




Gambar 2.3.1. Jenis tumpuan sendi
Sumber: Schierle, 2006

2. Rol

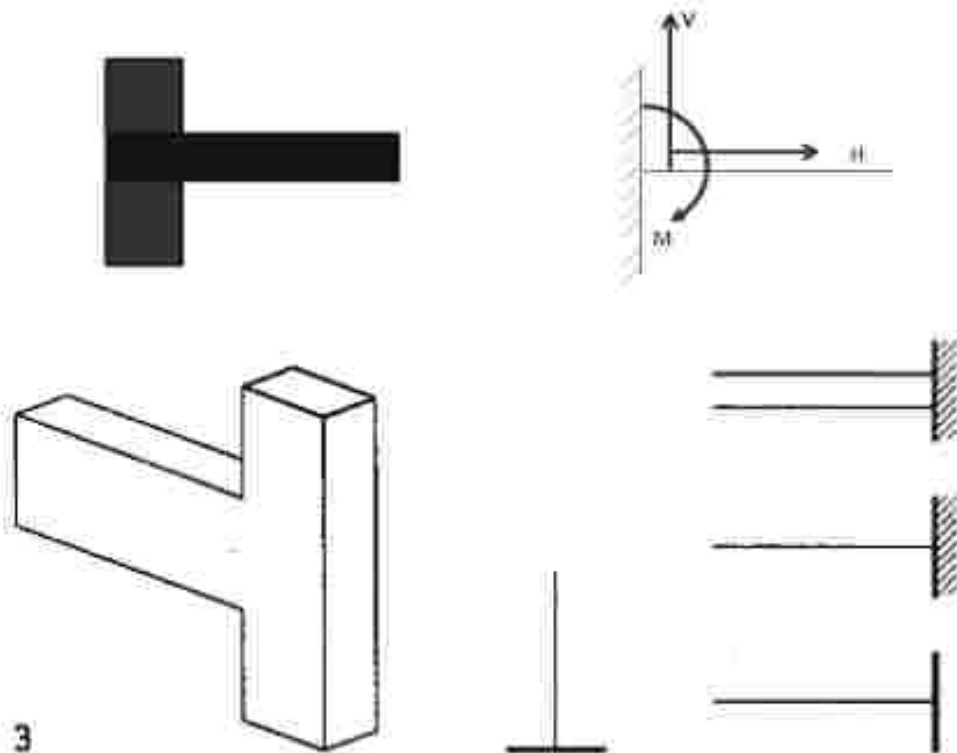
- Tidak dapat menahan gaya tarik & tekan sembarang arah, hanya arah vertikal.
- Diproyeksikan atas reaksi vertikal.



Gambar 2.3.2. Jenis tumpuan rol
Sumber: Schierle, 2006

3. Jepit

- Dapat menahan gaya tekan & tarik sembarang arah.
- Dapat meneruskan momen.
- Diproyeksikan atas reaksi vertikal, horisontal dan momen.



Gambar 2.3.9. Jenis tumpuan Jepit
Sumber: Schierle, 2006

Tabel 2.3.1. Tingkat derajat kebebasan tiap tipe tumpuan

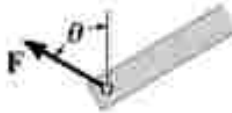
Tipe Tumpuan	Tingkat derajat kebebasan		
	Gerak horisontal	Gerak vertikal	Rotasi
Sendi	Tetap	Tetap	Bebas
Rol	Bebas	Tetap	Bebas
Jepit	Tetap	Tetap	Tetap

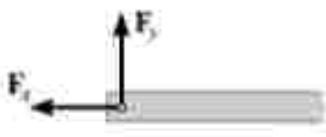
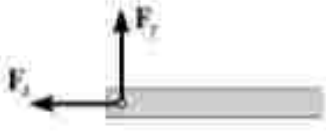
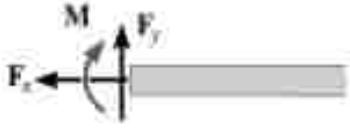
Sumber: Schierle, 2006

Berdasarkan sifatnya tumpuan dapat dibedakan atas tiga tipe, yaitu:

- Tumpuan yang arah gaya reaksinya diketahui, tetapi besarnya tidak diketahui. tumpuan ini sifatnya hanya dapat menahan gerak translasi benda yang ditumpunya dalam arah tertentu, tetapi mutlak tidak dapat menahan gerak rotasi benda yang ditumpunya dalam segala arah sumbu benda. Misalnya: tumpuan roller, rocker, kontak antara permukaan yang licin, pegas, kabel, gerak pin pada alur yang licin, sambungan bola dan soket.

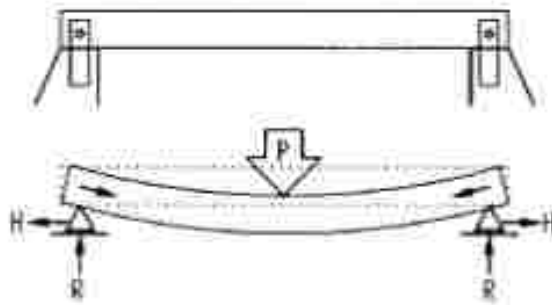
- c. Tumpuan yang arah dan besar reaksi tidak diketahui, tumpuan ini sifatnya dapat menahan gerak translasi benda yang ditumpunya dalam segala arah, tetapi tidak dapat menahan gerak rotasi benda dalam arah sumbu-sumbu tertentu dari benda yang ditumpunya. Misalnya: tumpuan engsel, sendi, bantalan luncur, roller bearing dan thrust bearing. Kecuali pada tumpuan kontak antar permukaan yang kasar, tumpuan ini dapat menahan gerak translasi sampai batas gaya gesek reaksinya, tetapi sama sekali tidak dapat menahan gaya rotasi dalam segala arah.
- d. Tumpuan yang arah, besar gaya reaksinya tidak diketahui, serta dapat menahan momen atau kopel dalam segala arah. Tumpuan ini sifatnya kokoh, sehingga dapat menahan gaya translasi dan rotasi dalam segala arah dari benda yang ditumpunya. Misalnya: tumpuan jepit (fixed), las, hubungan dua benda yang disambung dengan baut atau keling dengan elemen penambungnya dua atau lebih, hubungan satu benda yang kontinyu, hubungan dua benda yang dilem.

Type of connection	Reaction
 Cable	 One unknown: F
 Roller	 One unknown: F
 Smooth support	 One unknown: F

Type of connection	Reaction
 External pin	 Two unknowns: F_x, F_y
 Internal pin	 Two unknowns: F_x, F_y
 Fixed support	 Three unknowns: F_x, F_y, M

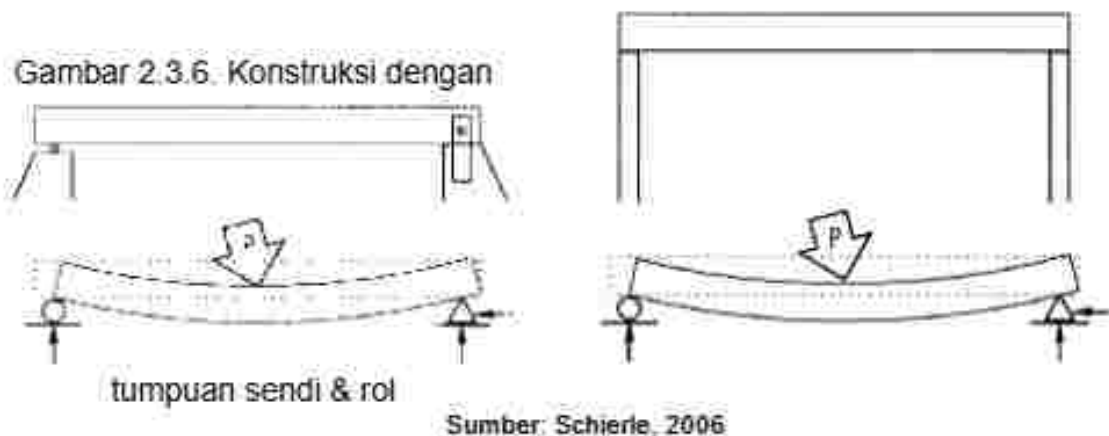
Gambar 2.3.4. Tipe tumpuan dan gaya reaksi yang dihasilkan
 Sumber: Pytel & Kiusalaas, 2010

Tipe tumpuan mempengaruhi cara analisis dan kemampuan daya dukung suatu konstruksi. Balok dengan tiga reaksi yang tidak diketahui merupakan konstruksi statis tertentu, dan dapat dianalisis dengan tiga persamaan statis ($\Sigma H=0$, $\Sigma V=0$, $\Sigma M=0$). Balok dengan lebih dari tiga reaksi yang tidak-diketahui merupakan konstruksi statis tak tentu, dan tidak dapat dianalisis dengan tiga persamaan tersebut. Balok dengan dua tumpuan sendi, memiliki 4 reaksi yang tidak-diketahui masing-masing dua horisontal dan dua vertikal. Saat dibebani terjadi pelendutan pada balok menyerupai konstruksi kabel yang mengalami tegangan, menyebabkan analisis semakin kompleks dan tidak memungkinkan untuk perhitungan statis.



Gambar 2.3.5. Konstruksi dengan tumpuan sendi
Sumber: Schierle, 2006

Sedangkan balok dengan tumpuan satu sendi dan satu rol, hanya memiliki tiga reaksi yang tidak-diketahui, satu horisontal & dua vertikal, umumnya pada konstruksi jembatan. Untuk konstruksi tersebut analisis sederhana dapat dilakukan. Konstruksi dinding penumpu atau kolom yang fleksibel juga berfungsi sebagai sendi dan rol.



Balok sederhana yang ditumpu satu sendi dan satu rol adalah konstruksi yang sangat umum dan mudah dianalisis. Desain tumpuan sendi dan rol digunakan untuk menggambarkan analisis dalam perilaku struktur, tapi tidak selalu menunjukkan tumpuan yang sebenarnya. Sebagai contoh, pada perhitungan tumpuan sendi, pada kenyataannya di lapangan sebenarnya bukanlah konstruksi sendi, tetapi jenis tumpuan yang resistan terhadap pergerakan horisontal dan vertikal, serta memungkinkan adanya rotasi. Tumpuan rol dapat berupa *Teflon* atau material serupa yang minim gesekan sehingga memungkinkan pergerakan horisontal seperti rol.

B. Hukum Keseimbangan

Konsep keseimbangan diturunkan dari gaya-gaya yang seimbang. Keseimbangan adalah keadaan dari suatu benda di mana resultan dari semua gaya-gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol. Dalam mekanika statika yang menjadi permasalahan adalah mencari besar dan arah dari gaya-gaya reaksi yang timbul akibat gaya-gaya luar yang bekerja pada benda yang menjadi pusat perhatian kita. Adapun gaya-gaya luar yang bekerja dapat berupa gaya berat dari bendanya sendiri, gaya-gaya aksi yang timbul karena reaksi dari kontak fisik dari benda-benda yang lain ke benda yang menjadi pusat perhatian kita. Berbeda dengan gaya pada sebuah partikel, gaya pada balok biasanya tidak bersamaan dan dapat menyebabkan rotasi pada balok (disebabkan momen yang dihasilkan oleh gaya).

- **Hukum Newton I**

Sejumlah gaya dikatakan seimbang apabila resultan dari gaya-gaya tersebut sama dengan ($=$) 0. Dikenal dengan **Hukum Kelembaman**.

- **Hukum Newton II**

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

$$\Sigma F = m \cdot a$$

- **Hukum Newton III**

Setiap gaya (aksi) akan ada gaya penyeimbang (reaksi) yang besarnya sama, tetapi arahnya berlawanan. Gaya aksi dan reaksi antara benda yang berhubungan mempunyai besar dan garis aksi yang sama, tetapi arahnya berlawanan.

$$\text{Aksi} = \text{Reaksi}$$

Dengan demikian gaya dikatakan seimbang apabila:

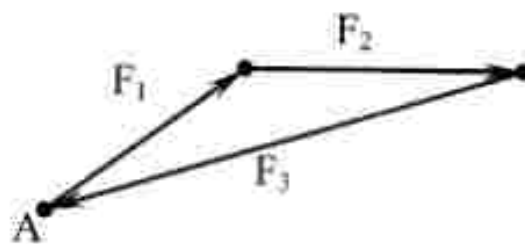
$$\Sigma H = 0, \Sigma V = 0 \text{ dan } \Sigma M = 0$$

- $\Sigma H = 0$ Jumlah gaya arah horizontal = 0
- $\Sigma V = 0$ Jumlah gaya arah vertikal = 0
- $\Sigma M = 0$

Gaya luar diimbangi gaya dalam dan ditopang oleh gaya reaksi. Jika gaya Aksi = Reaksi, maka tidak terjadi perubahan/stabil. Suatu benda dikatakan seimbang dalam dua dimensi bila semua gaya yang bekerja pada benda terletak pada suatu bidang tunggal, misalnya bidang x-y, di mana gaya resultannya adalah nol dan momen resultannya dari semua gaya yang bekerja pada benda terhadap sebuah sumbu yang sejajar garis normal bidang gayanya adalah nol. Dengan demikian untuk keseimbangan dalam dua dimensi, persamaannya menjadi:

$$R = \sqrt{\Sigma F^2 x + \Sigma F^2 y} = 0 \quad \text{atau} \quad \Sigma F_x = 0 ; \Sigma F_y = 0 ; \Sigma M = 0$$

$\Sigma M = 0$ menyatakan jumlah aljabar dari momen-momen akibat semua gaya yang bekerja pada benda terhadap sebuah sumbu yang sejajar garis normal bidang gaya dan melalui suatu titik di 0 yang terletak pada benda atau di luar benda tapi masih dalam bidangnya. Persamaan tersebut juga menunjukkan bahwa suatu benda dalam keadaan seimbang di bawah pengaruh sistem gaya-gaya yang sebidang (koplanar) berarti terdapat sejumlah gaya yang bekerja dalam suatu arah yang saling berlawanan arahnya dan sejumlah momen terhadap suatu titik dalam suatu arah yang arahnya saling berlawanan. Secara grafis persamaan tersebut menyatakan bahwa poligon gaya harus tertutup dan melalui titik pertemuan yang sama, karena gaya resultannya nol.

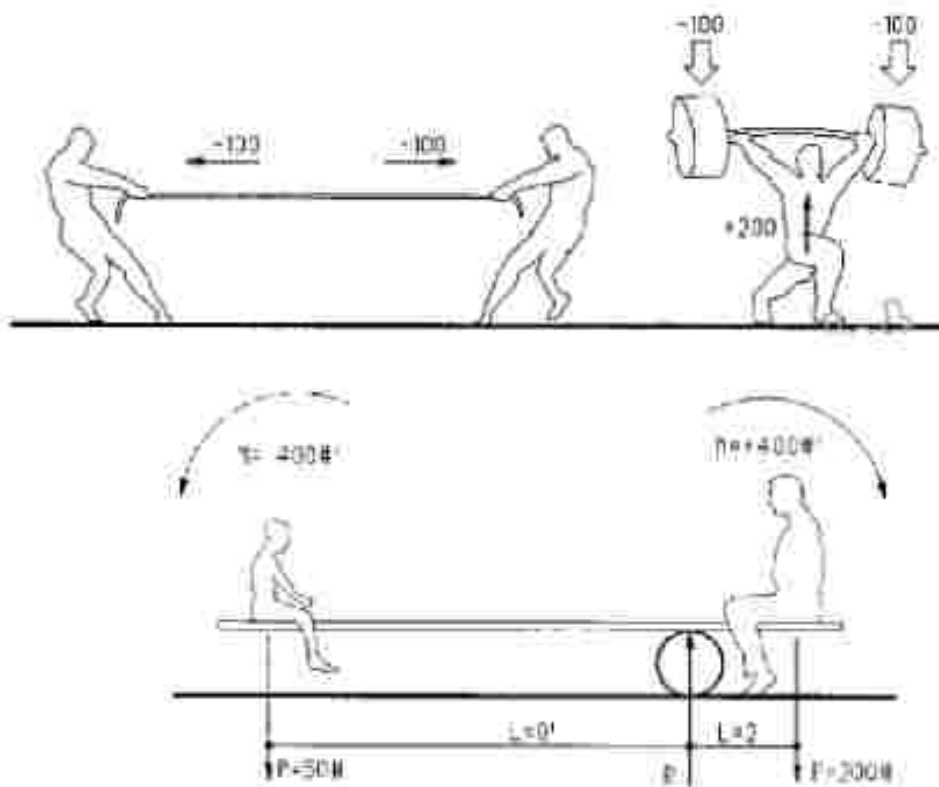


Gambar 2.3.7. Contoh segi tiga gaya yang menutup

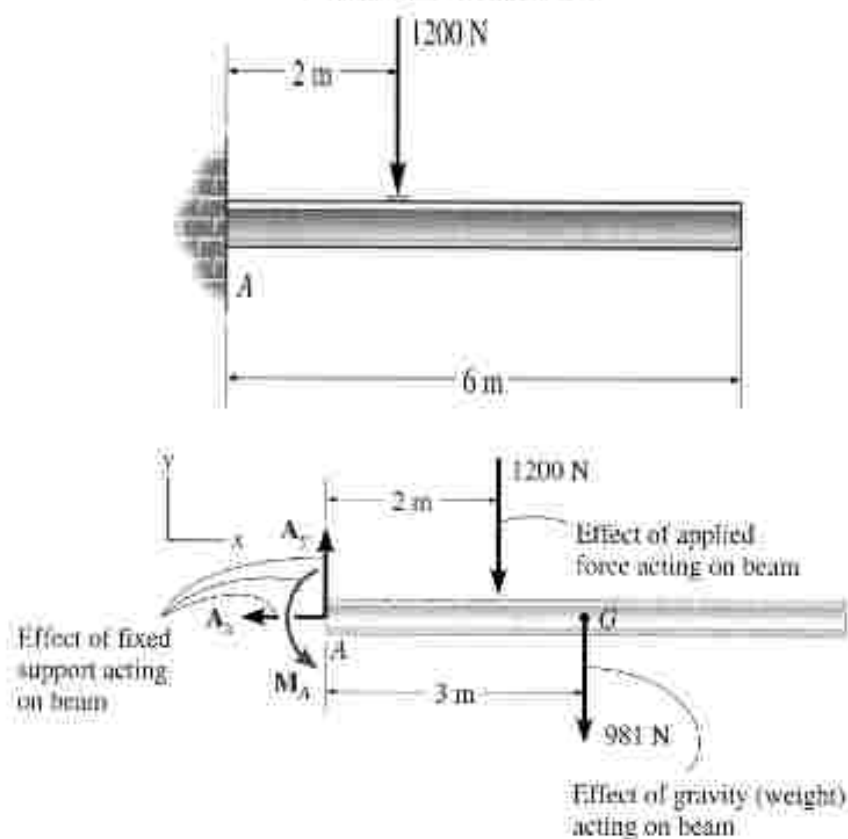
Garis yang melalui titik A dan B tidak tegak lurus dengan arah x. Hal ini juga berlaku untuk arah yang lain, misalnya arah y, asalkan garis yang melalui titik A dan B tidak tegak lurus dengan arah y.

$$\Sigma F_x = 0 ; \Sigma M_A = 0 ; \Sigma M_B = 0 ; \Sigma M_C = 0$$

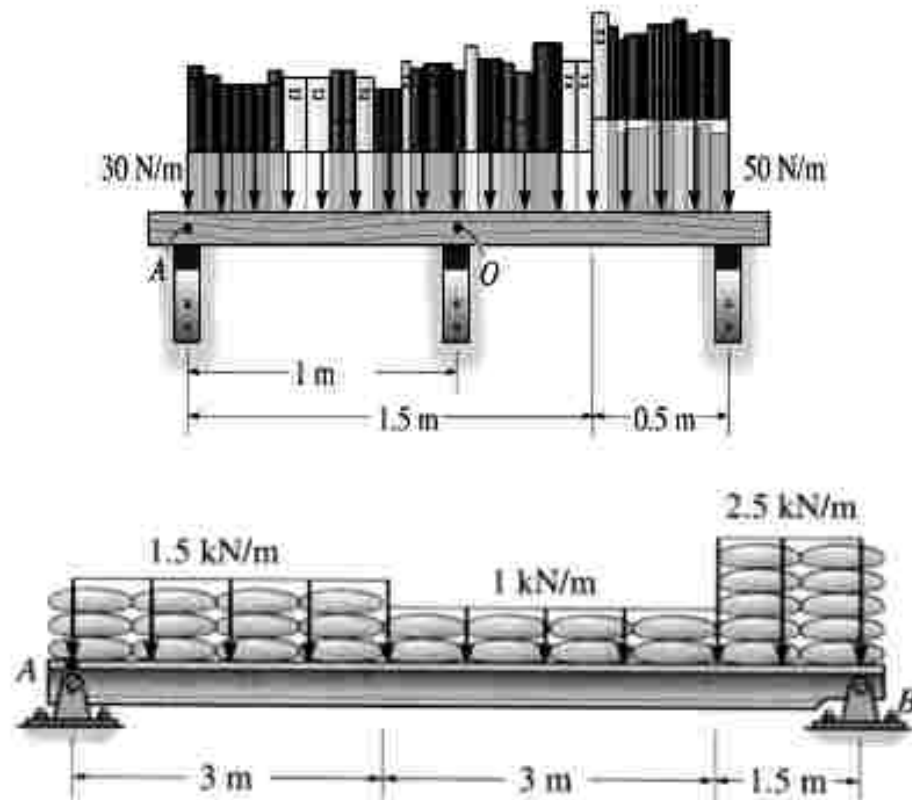
Titik A, B, C tidak terletak pada satu garis lurus.



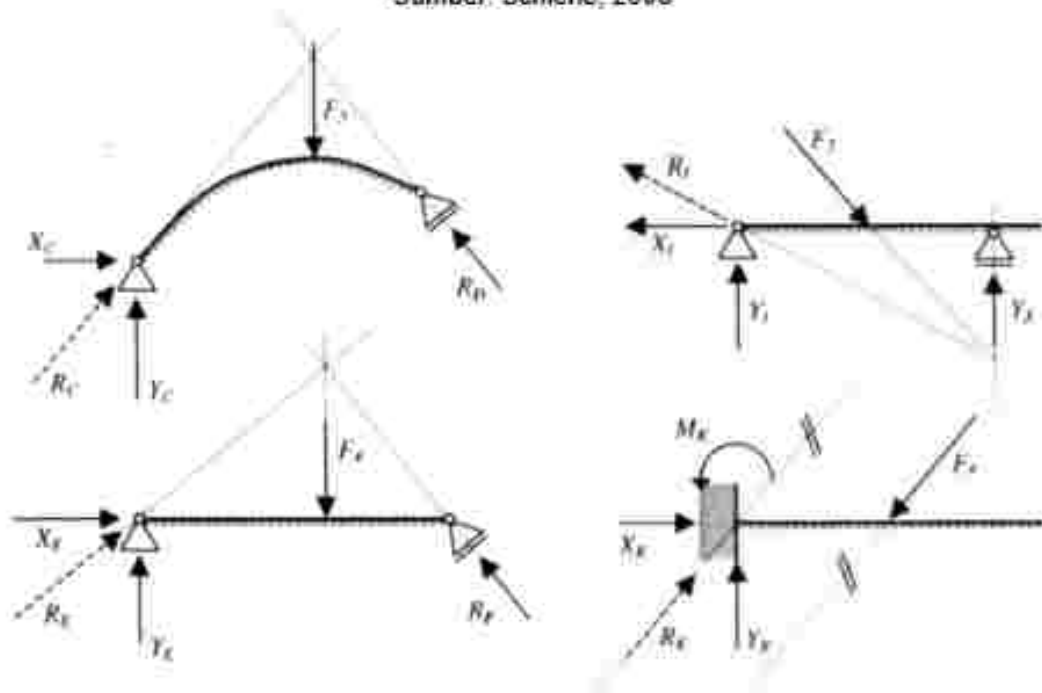
Gambar 2.3.8. Hukum keseimbangan gaya
Sumber: Schierle, 2006



Gambar 2.3.9. Keseimbangan gaya pada tumpuan jepit
Sumber: Schierle, 2006



Gambar 2.3.10. Tumpuan dengan beban terdistribusi
Sumber: Schierle, 2006



Gambar 2.3.11. Garis gaya aksi dan reaksi pada konstruksi statis tertentu
Sumber: Bedenik, 1999

Untuk konstruksi dengan beban terdistribusi tentukan titik berat dari beban terdistribusi, dengan pertimbangan:

- Gaya resultan sama dengan luasan dari beban terdistribusi
- Gaya resultan terletak pada titik berat beban terdistribusi

Untuk dapat mencapai keseimbangan statis setiap gaya dan momen harus dalam keadaan seimbang, yaitu jumlah gaya yang bekerja sama dengan nol. Konsep tersebut digunakan untuk analisis statis, dan didefinisikan dengan persamaan:

$\Sigma H = 0$ (jumlah semua gaya horisontal harus sama dengan nol)

$\Sigma V = 0$ (jumlah semua gaya vertikal harus sama dengan nol)

$\Sigma M = 0$ (jumlah semua momen sama dengan nol)

C. Penentuan Reaksi

Reaksi tumpuan dengan beban dan/atau tumpuan yang tidak simetri dapat diketahui dengan persamaan statis ($\Sigma H=0$, $\Sigma V=0$, dan $\Sigma M=0$). Sebagai contoh perhitungan untuk mengetahui besarnya reaksi yang terjadi:

• Berat Lifter di balkon

Asumsi:

$P = 400\#, L = 6'$

$\Sigma V = 0 \uparrow +$

$R - P = 0$

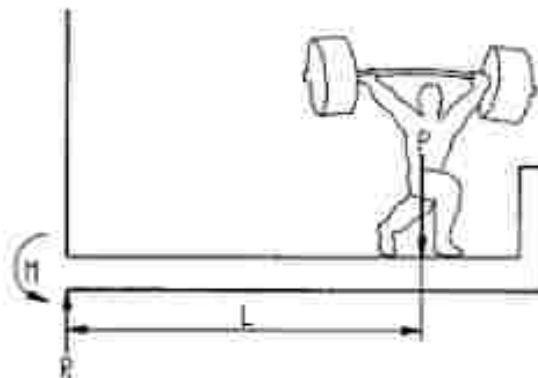
$R = P \quad R = 400\#$

$\Sigma M = 0, \curvearrowright +$

$P L - M = 0$

$M = P L = 400 \times 6$

$M = 2400\#$



Gambar 2.3.12. Contoh berat lifter di balkon

Sumber: Schierle, 2006

• Tiang Bendera

Asumsi:

$H = 80\#$ (beban angin pada bendera)

$L = 20'$

$\Sigma H = 0 \rightarrow +$

$W - H = 0$

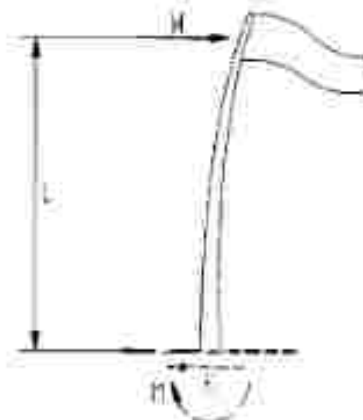
$H = W \quad H = 80\#$

$\Sigma M = 0 \curvearrowright +$

$W L + M = 0$

$M = -W L = -80 \times 20$

$M = -1600\#$



Gambar 2.3.13. Contoh beban angin di tiang bendera (Sumber: Schierle, 2006)

- **Truk Derek**

Asumsi:

$$P = 2k, C = 7', L = 10'$$

$$\sum M_b = 0 \curvearrowright +$$

$$R_a L - P C = 0$$

$$R_a = P C / L = 2 \times 7 / 10 \quad R_a = 1,4k$$

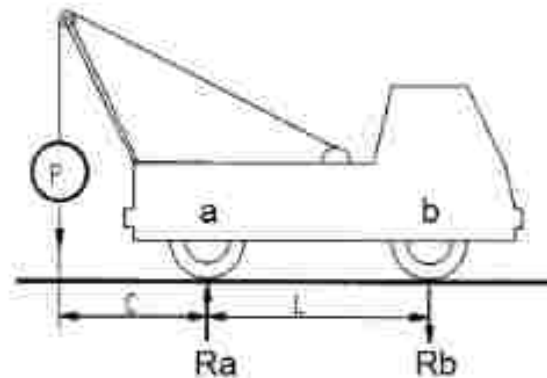
$$\sum M_a = 0 \curvearrowright +$$

$$R_b L - P (C+L) = 0$$

$$R_b = P (C+L) / L = 2 (7+10) / 10 \quad R_b = 3,4k$$

$$\text{Check } \sum V = 0$$

$$\sum V = 0 = +3,4 - 1,4 - 2 \quad \sum V = 0$$

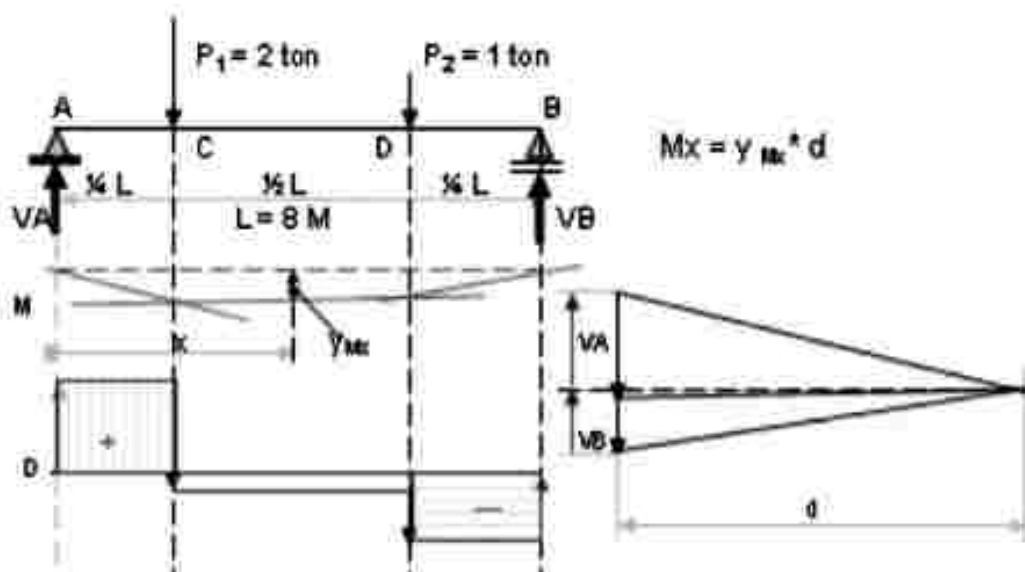


Gambar 2.3.14. Contoh beban truk derek

Sumber: Schierle, 2006

1. Balok dengan Tumpuan sederhana

Bentuk dukungan untuk struktur balok statis tertentu (misalnya pada balok tumpuan sederhana) umumnya salah satu dukungan berupa tumpuan sendi (*hinge*) sedang dukungan lain berupa tumpuan gelinding (*rol*) atau tumpuan gelincir (*sliding support*). Tumpuan ini dimaksudkan agar batang struktur tidak menahan beban tambahan akibat lendutan atau pengaruh lain terkait dengan kembang susut batang struktur. Dukungan sendi dapat menahan komponen reaksi vertikal dan komponen reaksi horisontal R_V dan R_H . Sedangkan dukungan gelinding atau gelincir hanya dapat menahan beban bertikal R_V saja (Ariestadi, 2008). Ilustrasi penyelesaian secara grafis dan Analitis ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 2.3.15. Balok di atas dua tumpuan

(Sumber: Ariestadi, 2008)

a. Cara Analitis Menentukan Komponen Reaksi

Untuk menentukan komponen reaksi di tiap dukungan berlaku persamaan kestabilan $\Sigma M = 0$. Berlaku pula persamaan kestabilan $\Sigma V = 0$ atau $\Sigma P + \Sigma R = 0$ pada struktur tersebut.

Tumpuan A:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$P_1 (2) + P_2 (6) - V_B (8) = 0$$

$$V_B = 2 (2) + 1(6)/2 = 1.25 \text{ Ton}$$

Di dukungan B

$$\Sigma M_B = 0$$

$$P_2 (2) + P_1(6) - V_A (8) = 0$$

$$V_A = 1 (2) + 2 (6)/8 = 1.75 \text{ Ton}$$

$$\Sigma V = 0 \text{ atau } \Sigma P + \Sigma V = 0$$

$$-P_1 - P_2 + V_A + V_B = 0$$

$$-2 - 1 + 1.75 + 1.25 = 0 \text{ (OK)}$$

Tanda (+) dan (-) pada persamaan diberikan berdasarkan arah gaya.

Gaya aksi pada balok menimbulkan gaya reaksi, untuk menjaga keseimbangan. Gaya aksi = gaya yang bekerja pada balok (besarnya diketahui). Gaya reaksi = gaya yang akan dihitung (pada titik tumpu). Gaya reaksi memberikan keseimbangan momen, gaya vertikal & horisontal.

$$\Sigma M = 0 \qquad \Sigma V = 0 \qquad \Sigma H = 0$$

Untuk mendapatkan reaksi pada balok asimetri:

- Gambarkan sketsa diagram balok sebagai ilustrasi perhitungan
- Gunakan $\Sigma M = 0$ pada salah satu tumpuan untuk mendapatkan reaksi pada tumpuan lain.
- Kontrol hasil pada keseimbangan vertikal ($\Sigma V = 0$)