



# UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

## FAKULTAS TEKNIK

Alamat : Kampus UNKRIS Jatiwaringin, P.O.Box 7774/Jat.CM.  
Telp. (021) 8462229 -31 Langsung 84998529 Fax. : (021) 84998529  
J A K A R T A 13077

## SURAT TUGAS

NO : 032 /F.01.05/FT.TU/II/2023

Sehubungan dengan pemenuhan unsur penunjang yang merupakan kegiatan pendukung pelaksanaan tugas pokok dosen maka Dekan Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana menugaskan Dosen Tetap Program Studi Sipil untuk mengikuti kegiatan Webinar dalam peningkatan pengetahuan, pengembangan diri dan keilmuan pada Semester Genap 2022/2023. Berikut daftar Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil :

| No. | Nama                            | Jabatan                        |
|-----|---------------------------------|--------------------------------|
| 1   | Indriasari, ST., MT             | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 2   | Lydia Darmiyanti, ST., MT       | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 3   | Dr. Ir. Nusa Setiani, MT        | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 4   | Ir. Sahat Martua Sihombing, MT  | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 5   | Achmad Pahrul Rodji, ST., MT    | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 6   | Bermando Mangatur S., ST., MT   | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 7   | Yonas Prima Arga R., ST., MT    | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 8   | Gali Pribadi, ST, MT            | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 9   | Faizal Addin Achmad ST, MT, IPM | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 10  | Gita Puspa Artiani, ST, MT      | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 11  | Ir. Sukadi, MT                  | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 12  | Syafiadi Rizki Abdila, ST, P.Hd | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |

Demikian surat tugas ini agar dilaksanakan dengan sebaiknya dengan rasa penuh tanggung jawab.

Jakarta, 14 Februari 2023

Dekan,



Dr. Harjono Padmono Putro, ST, M.Kom

NIDN. 0329067102

**Tembusan Yth :**

1. Para Wadep FT
2. P2M FT
3. Ka.Bag. TU - FT
4. Arsip,-



# UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

## FAKULTAS TEKNIK

Alamat : Kampus UNKRIS Jatiwaringin, P.O.Box 7774/Jat.CM.  
Telp. (021) 8462229 -31 Langsung 84998529 Fax. : (021) 84998529  
J A K A R T A 13077

### SURAT TUGAS

NO : 032A /F.01.05/FT.TU/II/2023

Sehubungan dengan pelaksanaan Tridharma Perguruan Tinggi yaitu pengabdian kepada masyarakat maka Dekan Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana menugaskan Dosen Tetap Program Studi Teknik Sipil untuk melaksanakan kegiatan pengabdian kepada masyarakat pada Semester Genap 2022/2023. Berikut daftar Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil:

| No. | Nama                            | Jabatan                        |
|-----|---------------------------------|--------------------------------|
| 1   | Indriasari, ST., MT             | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 2   | Lydia Darmiyanti, ST., MT       | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 3   | Dr. Ir. Nusa Setiani, MT        | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 4   | Ir. Sahat Martua Sihombing, MT  | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 5   | Achmad Pahrul Rodji, ST., MT    | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 6   | Bermando Mangatur S., ST., MT   | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 7   | Yonas Prima Arga R., ST., MT    | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 8   | Gali Pribadi, ST, MT            | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 9   | Faizal Addin Achmad ST, MT, IPM | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 10  | Gita Puspa Artiani, ST, MT      | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 11  | Ir. Sukadi, MT                  | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 12  | Syafiadi Rizki Abdila, ST, P.Hd | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |

Demikian surat tugas ini agar dilaksanakan dengan sebaiknya dengan rasa penuh tanggung jawab.

Jakarta, 14 Februari 2023

Dekan,



**Dr. Harjono Padmono Putro, ST, M.Kom**

NIDN. 0329067102

**Tembusan Yth :**

1. Para Wadep FT
2. P2M FT
3. Ka.Bag. TU - FT
4. Arsip,-



# UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

## FAKULTAS TEKNIK

Alamat : Kampus UNKRIS Jatiwaringin, P.O.Box 7774/Jat.CM.  
Telp. (021) 8462229 -31 Langsung 84998529 Fax. : (021) 84998529  
J A K A R T A 13077

### SURAT TUGAS

NO : 032B /F.01.05/FT.TU/II/2023

Sehubungan dengan pelaksanaan Tridharma Perguruan Tinggi yaitu penelitian maka Dekan Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana menugaskan Dosen Tetap Program Studi Teknik Sipil untuk melaksanakan penelitian dan publikasi pada Semester Genap 2022/2023. Berikut daftar Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil :

| No. | Nama                            | Jabatan                        |
|-----|---------------------------------|--------------------------------|
| 1   | Indriasari, ST., MT             | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 2   | Lydia Darmiyanti, ST., MT       | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 3   | Dr. Ir. Nusa Setiani, MT        | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 4   | Ir. Sahat Martua Sihombing, MT  | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 5   | Achmad Pahrul Rodji, ST., MT    | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 6   | Bermardo Mangatur S., ST., MT   | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 7   | Yonas Prima Arga R., ST., MT    | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 8   | Gali Pribadi, ST, MT            | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 9   | Faizal Addin Achmad ST, MT, IPM | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 10  | Gita Puspa Artiani, ST, MT      | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 11  | Ir. Sukadi, MT                  | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |
| 12  | Syafiadi Rizki Abdila, ST, P.Hd | Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil |

Demikian surat tugas ini agar dilaksanakan dengan sebaiknya dengan rasa penuh tanggung jawab.

Jakarta, 14 Februari 2023

D e k a n,



**Dr. Hariono Padmono Putro, ST, M.Kom**

NIDN.0329067102

**Tembusan Yth :**

1. Para Wadek FT
2. P2M FT
3. Ka.Bag. TU - FT
4. Arsip,-

## MODUL PERKULIAHAN

# Statika

## Dasar – dasar statika dan sistem struktur

Fakultas

Fakultas  
Teknik

Program Studi

Teknik Sipil

Tatap Muka

01

Kode MK

Disusun Oleh

Program Studi Teknik Sipil

### Abstract

Mata kuliah Statika berisi tentang materi mengenai cara-cara analisis struktur statis tertentu untuk menghitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam struktur balok sederhana, balok gerber/majemuk, portal pelengkung tiga sendi, dan rangka batang

### Kompetensi

Mahasiswa dapat menganalisa struktur statis tertentu (balok, portal, dan rangka batang), dapat menghitung reaksi perletakan, menghitung dan membuat diagram gaya-gaya dalam, serta garis pengaruh untuk balok dan rangka batang.

# Dasar-dasar Statika dan sistem struktur

Statika merupakan ilmu yang mempelajari semua benda yang tetap (statis). Dalam ilmu statika, dipelajari keseimbangan gaya di mana suatu konstruksi yang tetap diam walaupun pada konstruksi tersebut ada gaya-gaya yang bekerja. Oleh karena itu, ilmu statika disebut juga ilmu keseimbangan gaya. Ilmu statika, pada dasarnya merupakan pengembangan ilmu fisika yang menjelaskan kejadian alam sehari-hari yang berkaitan dengan gaya-gaya yang bekerja.

## A. GAYA

Dalam statika, gaya dapat diartikan sebagai muatan atau beban yang bekerja pada suatu konstruksi.

### 1. SPESIFIKASI GAYA

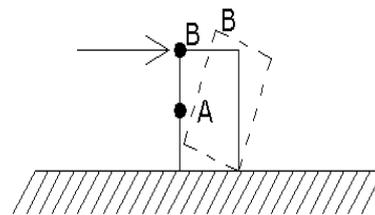
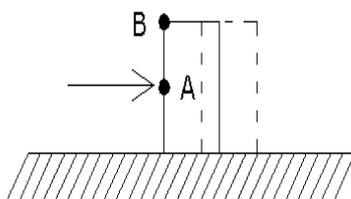
Ada 3 hal penting yang mendefinisikan gaya secara lengkap, yaitu :

a. Mempunyai harga (magnitude) / besaran

Besaran atau harga gaya diperoleh dengan membandingkannya dengan suatu standar tertentu.

b. Mempunyai titik tangkap/titik kerja

Titik tangkap sebuah gaya yang bekerja pada suatu benda adalah titik di mana gaya dapat dianggap terkonsentrasi. Titik tangkap dari sebuah gaya dapat dipindahkan sepanjang *garis kerja gaya*.



c. Mempunyai arah

Arah sebuah gaya adalah arah di sepanjang satu garis lurus yang melalui titik tangkap, di mana gaya cenderung menggerakkan benda ke arah gaya bekerja. Garis ini disebut *garis kerja (line of action) gaya*.

Gaya mempunyai arah ke kiri, ke kanan, ke atas, ke bawah dan lain-lain. Gaya adalah sebuah vektor yaitu besaran yang mempunyai arah.

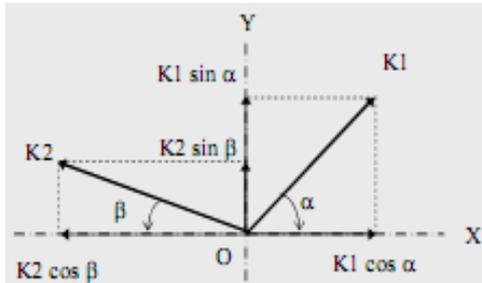


Perjanjian tanda :

- Arah gaya kekanan dan keatas bertanda positif (+)
- Arah gaya kekiri dan kebawah bertanda negatif (-)

### 1) Gaya konkuren koplanar

Perhatikan gambar kumpulan gaya berikut yang terletak pada bidang X – Y



➤ Komponen gaya pada sumbu X dan Y,

$$K1x = K1 \cos \alpha \quad K2x = K2 \cos \beta$$

$$K1y = K1 \sin \alpha \quad K2y = K2 \sin \beta$$

➤ Besar resultan gaya,

Pada sumbu X,  $R_x = \sum K_x = K1x - K2x = K1 \cos \alpha - K2 \cos \beta$

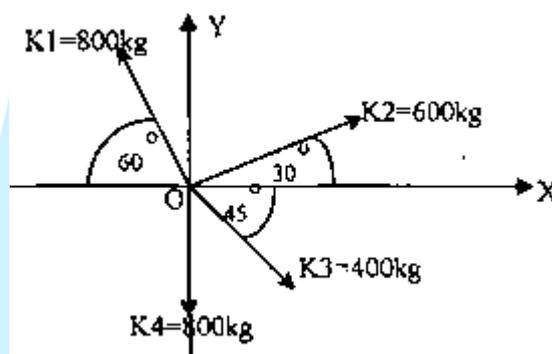
Pada sumbu Y,  $R_y = \sum K_y = K1y - K2y = K1 \sin \alpha + K2 \sin \beta$

➤ Maka resultan gaya,  $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$ , resultan ini bekerja melalui titik O

➤ Arah resultan gaya,  $\tan \gamma = \frac{R_y}{R_x}$

Contoh soal :

Tentukan besar dan arah dari resultan empat buah gaya yang konkuren koplanar dengan cara analitis.



# Dasar-dasar Statika dan sistem struktur

Agar memudahkan perhitungan dengan analitis, dibuat suatu tabel perhitungan seperti berikut :

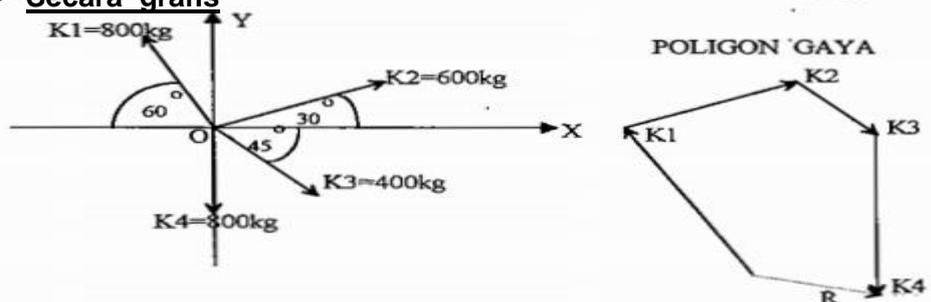
| Gaya = K               | Kx   | Ky   |
|------------------------|--|--|
| $K_1 = 800 \text{ kg}$ | $K_{1x} = - 800 \cos 60^\circ = -400 \text{ kg}$   | $K_{1y} = + 800 \sin 60^\circ = +692,8 \text{ kg}$ |
| $K_2 = 600 \text{ kg}$ | $K_{2x} = + 600 \cos 30^\circ = +519,6 \text{ kg}$ | $K_{2y} = + 600 \sin 30^\circ = +300 \text{ kg}$   |
| $K_3 = 400 \text{ kg}$ | $K_{3x} = + 400 \cos 45^\circ = +282,8 \text{ kg}$ | $K_{3y} = + 400 \sin 45^\circ = -282,8 \text{ kg}$ |
| $K_4 = 800 \text{ kg}$ | -  | $K_{4y} = - 800 \text{ kg}$                        |
|                        | $\sum Kx = +402,4 \text{ kg}$                      | $\sum Ky = -90 \text{ kg}$                         |

➤ Besarnya resultan gaya-gaya :  $R = \sqrt{402,4^2 + 90^2} = 412,4 \text{ kg}$

➤ Arah dari resultan gaya :  $\tan \alpha_R = -\frac{90}{402,4} = -0,224$

$$\alpha_R = 12,6^\circ$$

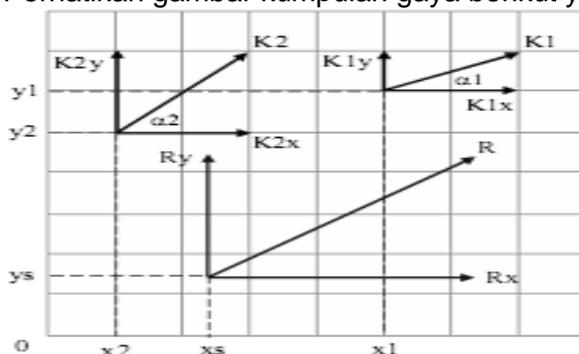
➤ Secara grafis



Untuk menggambarkan gaya-gaya harus dilakukan dengan skala sehingga menghasilkan gambar diatas, yang disebut *poligon gaya*.

## 2) Gaya non konkuren koplantar

Perhatikan gambar kumpulan gaya berikut yang terletak pada bidang X – Y



# Dasar-dasar Statika dan sistem struktur

- Komponen gaya pada sumbu X dan Y,

$$K_{1x} = K_1 \cos \alpha_1 \quad K_{1y} = K_1 \sin \alpha_1$$

$$K_{2x} = K_2 \cos \alpha_2 \quad K_{2y} = K_2 \sin \alpha_2$$

- Besar resultan gaya,

Pada sumbu X,  $R_x = \sum K_x = K_{1x} + K_{2x} = K_1 \cos \alpha_1 + K_2 \cos \alpha_2$

Pada sumbu Y,  $R_y = \sum K_y = K_{1y} + K_{2y} = K_1 \sin \alpha_1 + K_2 \sin \alpha_2$

Maka resultan gaya,  $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

- Letak titik tangkap gaya resultan R

Untuk mencari letak titik tangkap resultan R adalah dengan menghitung momen  $M_x$  dan  $M_y$  terhadap titik O (Pusat sumbu X-Y), dimana momen sama dengan gaya dikali dengan lengan gaya seperti berikut,

$$\left. \begin{aligned} M_x &= K_{1y} \cdot x_1 + K_{2y} \cdot x_2 = \sum K_{y \cdot x} \\ M_y &= K_{1x} \cdot y_1 + K_{2x} \cdot y_2 = \sum K_{x \cdot y} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots \text{persamaan (1)}$$

Titik tangkap resultan R dinamakan titik (s) dengan koordinat  $(x_s, y_s)$ , maka momen akibat resultan gaya,

$$\left. \begin{aligned} M_x &= R_x \cdot y_s \\ M_y &= R_y \cdot x_s \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots \text{persamaan (2)}$$

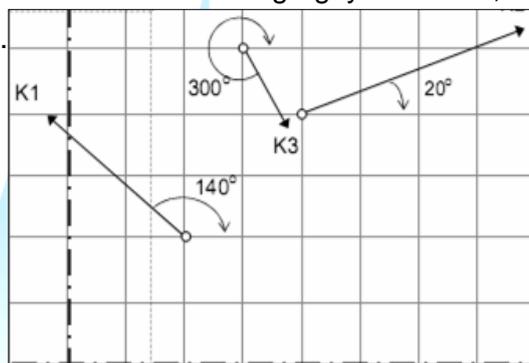
Substitusi (1) ke (2),

$$x_s = \frac{\sum K_{y \cdot x}}{R_y} \quad ; \quad y_s = \frac{\sum K_{x \cdot y}}{R_x}$$

- Arah resultan,  $\tan \gamma = \frac{R_y}{R_x}$

Contoh soal :

Tiga buah gaya yang non konkuren koplanar seperti tergambar dibawah ini, tentukan besar dan arah resultan ketiga gaya tersebut, serta letak titik tangkap resultan gaya-gaya tersebut.



# Dasar-dasar Statika dan sistem struktur

Diketahui : gaya-gaya seperti tergambar,  $K_1 = 6 \text{ ton}$ ,  $K_2 = 8 \text{ ton}$ ,  $K_3 = 3 \text{ ton}$  dengan koordinat titik tangkap gaya-gaya (2,2), (4,4), dan (3,5). Arah masing-masing gaya  $\alpha_1=140^\circ$ ,  $\alpha_2=20^\circ$ ,  $\alpha_3=300^\circ$

Langkah penyelesaian dengan **cara analitis** akan lebih mudah apabila dibuat dalam satu tabel seperti dibawah ini.

| K | $K_x$                         | $K_y$                         | $M_x$                      | $M_y$                      |
|---|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | $K_1 \cos 140^\circ = -4,596$ | $K_1 \sin 140^\circ = 3,875$  | $K_{1x} \times 2 = -9,193$ | $K_{1y} \times 2 = 7,713$  |
| 2 | $K_2 \cos 20^\circ = 7,518$   | $K_2 \sin 20^\circ = 2,736$   | $K_{2x} \times 4 = 30,070$ | $K_{2y} \times 4 = 10,945$ |
| 3 | $K_3 \cos 300^\circ = 1,500$  | $K_3 \sin 300^\circ = -2,598$ | $K_{3x} \times 5 = 7,5$    | $K_{3y} \times 3 = -7,794$ |
|   | $\sum K_x = 4,422$            | $\sum K_y = 3,995$            | $\sum M_x = 28,377$        | $\sum M_y = 10,864$        |

➤ Besarnya resultan gaya-gaya :  $R = \sqrt{(4,422)^2 + (3,995)^2} = 5,959 \text{ ton}$

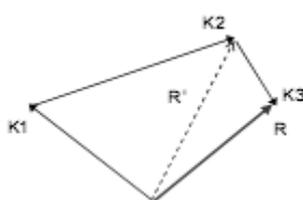
➤ Arah resultan gaya-gaya :  $\tan \gamma = \frac{R_x}{R_y} = \frac{3,995}{4,422} = 0,90344$

$$\gamma = \arctan(0,90344) = 42^\circ$$

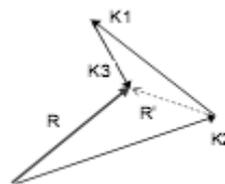
➤ Letak titik tangkap gaya resultan R :  $x_s = \frac{\sum M_y}{\sum K_y} = \frac{10,864}{3,995} = 2,719 \text{ meter}$

$$y_s = \frac{\sum M_x}{\sum K_x} = \frac{28,377}{4,422} = 6,417 \text{ meter}$$

➤ **Secara grafis**



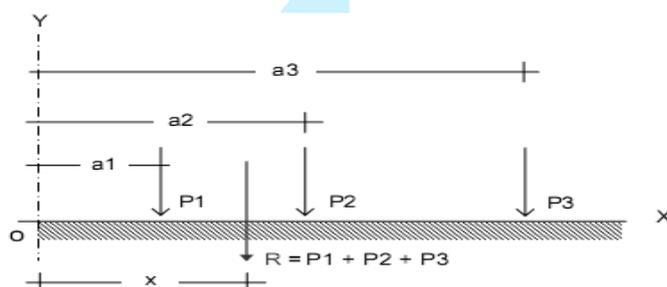
cara pertama



cara kedua

3) Beberapa gaya sejajar

Perhatikan gambar di bawah ini,



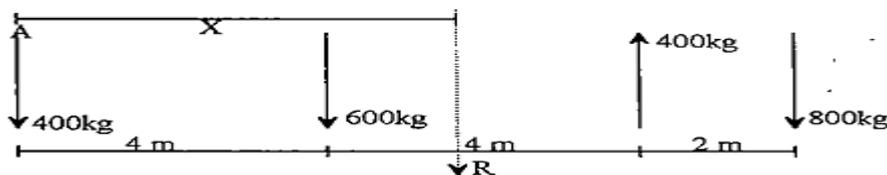
# Dasar-dasar Statika dan sistem struktur

- Besar Resultan,  $R = P1 + P2 + P3$
- Arah resultan gaya-gaya, mengikuti persyaratan sebagai berikut :
  - Bila hasil perhitungan R positif, berarti arahnya sama dengan arah positif gaya yang dimisalkan.
  - Bila hasil perhitungan R negatif, berarti arahnya berlawanan dengan arah positif gaya yang dimisalkan.
- Letak titik tangkap gaya resultan,  $x.R = P1.a1 + P2.a2 + P3.a3$

$$x = \frac{P1.a1 + P2.a2 + P3.a3}{R}$$

Contoh soal :

Tentukan besar, arah, dan garis kerja resultan dari empat buah gaya yang sejajar satu dengan yang lainnya seperti gambar di bawah ini.



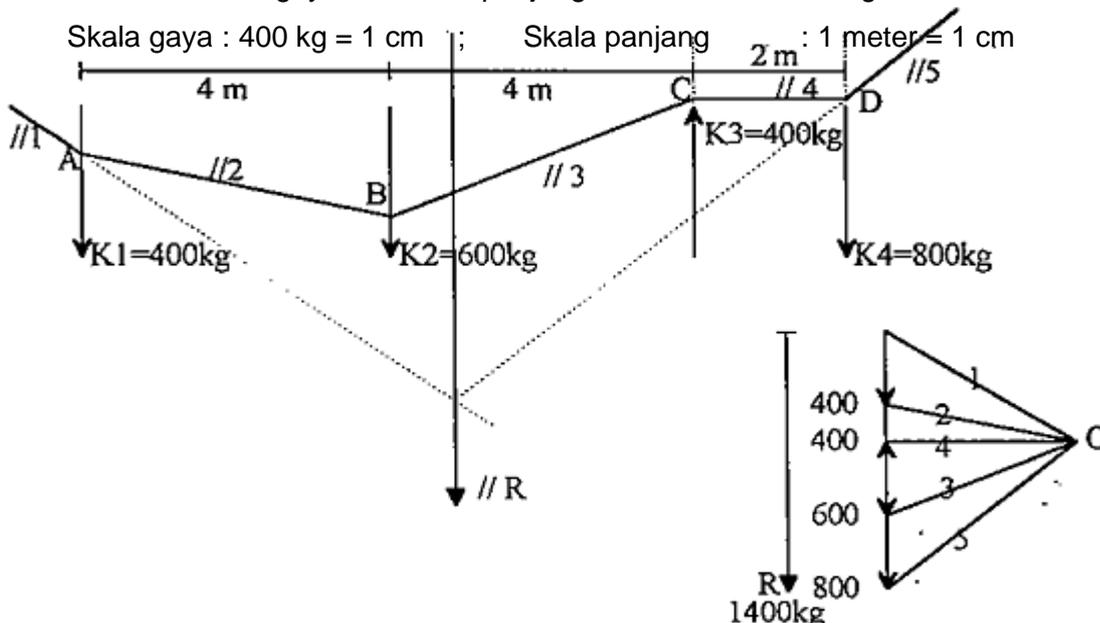
Cara analitis :

- Besar Resultan,  $R = 400 \text{ kg} + 600 \text{ kg} - 400 \text{ kg} + 800 \text{ kg} = 1.400 \text{ kg}$
- Arah resultan gaya-gaya, karena hasil perhitungan R positif, berarti arahnya sama dengan arah positif gaya yang dimisalkan.
- Letak titik tangkap gaya resultan,  $x = \frac{600.4 - 400.8 + 800.10}{1.400} = 5,14 \text{ meter (dari titik A)}$

Cara grafis : Membuat polign dengan skala gaya dan skala panjang.

Tentukan skala gaya dan skala panjang terlebih dahulu sebagai berikut :

Skala gaya :  $400 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$  ; Skala panjang  $2 \text{ m} : 1 \text{ meter} = 1 \text{ cm}$



## B. SISTEM STRUKTUR DAN PERLETAKAN

### 1. PENGERTIAN SISTEM STRUKTUR

Struktur adalah sebuah sistem, artinya gabungan atau rangkaian dari berbagai macam elemen-elemen yang didesain sedemikian rupa hingga menjadi satu kesatuan yang utuh, agar mampu menahan berat sendiri maupun beban luar tanpa mengalami perubahan bentuk yang melewati batas persyaratan.

Struktur yang didesain harus mampu menahan beban, baik beban vertikal (beban mati dan beban hidup) maupun beban horizontal/lateral (beban angin dan beban gempa) yang direncanakan berdasarkan peraturan pembebanan.

Dalam bangunan Teknik Sipil, seperti gedung-gedung, jembatan, dan lain sebagainya, ada beberapa macam sistem struktur, mulai dari yang sederhana sampai dengan yang sangat kompleks. Pada mata kuliah ini, mahasiswa mempelajari sistem yang paling sederhana yaitu “struktur statis tertentu”.

### 2. MUATAN/BEBAN PADA STRUKTUR

Muatan/beban adalah beban luar yang bekerja pada konstruksi. Semua besar muatan yang bekerja pada struktur sudah tertuang dalam suatu peraturan yang berlaku di negara yang bersangkutan. Seperti di Indonesia, terdapat Peraturan Pembebanan untuk Bangunan Gedung di Indonesia, Peraturan Jalan Raya, dan lain-lain.

#### Jenis-jenis Muatan/beban

a. **Menurut sifatnya**, muatan dapat dibagi menjadi :

1) Muatan/beban mati (muatan tetap)

Muatan yang tetap pada kedudukannya (tidak berubah-ubah) baik besarnya maupun letaknya.

Contoh : berat sendiri dari struktur seperti berat dari balok, kolom, lantai.

2) Muatan/ beban hidup (muatan bergerak/sementara)

Muatan yang selalu berubah-ubah baik besarnya maupun letaknya

Contoh : beban kendaraan pada area parkir, beban air pada kolam renang, beban orang, beban angin, beban gempa.

# Dasar-dasar Statika dan sistem struktur

b. **Menurut cara kerjanya**, muatan dapat dibagi menjadi :

1) Muatan/beban langsung

Suatu beban yang bekerja langsung pada suatu bagian konstruksi, tanpa perantara konstruksi lain.

2) Muatan/beban tidak langsung

Suatu beban yang bekerja dengan perantara konstruksi lain.

c. **Menurut garis kerja gaya**, muatan/beban dapat dibagi menjadi :

1) Muatan/beban terpusat (muatan titik)

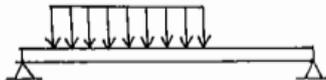
Muatan yang bekerja secara terpusat di satu titik saja.

Contoh : berat orang berdiri, berat kolom, dan lain sebagainya.



2) Muatan/beban terbagi dapat dijabarkan sebagai berikut :

a) Muatan terbagi rata, yaitu muatan terbagi yang dianggap sama pada setiap satuan luas.



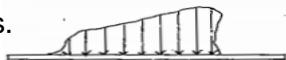
Contoh : beban sekelompok orang di dalam suatu ruang, beban tegel atau penutup lantai, beban balok, dan lain sebagainya.

b) Muatan terbagi teratur, yaitu muatan yang terbagi tidak sama besarnya atau tidak sama berat untuk setiap satuan luas.



Contoh : tekanan hidrostatis air pada dinding, gaya tekan air pada bendungan.

c) Muatan terbagi tidak teratur, yaitu muatan terbagi tidak rata pada setiap satuan luas.



Contoh : muatan pasir pada lantai bangunan, gaya gempa dinamik.

3) Muatan/beban momen dapat dijabarkan sebagai berikut :

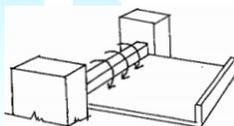
a) Muatan momen lentur, yaitu muatan momen akibat dari muatan titik pada konstruksi sandaran.



Contoh : umumnya pada struktur kantilever dimana bekerja muatan terpusat pada ujung kantilever, gaya horizontal pada sandaran menyebabkan momen pada balok.

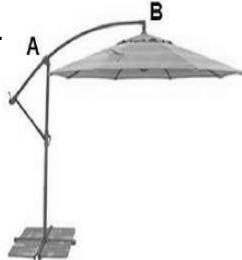
b) Muatan momen puntir, merupakan muatan momen yang bekerja tegak lurus batang yang ditinjau.

Contoh : suatu gaya nonkoplanar mungkin bekerja pada suatu balok sehingga menimbulkan suatu muatan puntir, namun masih pada batas struktur statik tertentu.



# Dasar-dasar Statika dan sistem struktur

Momen adalah posisi vektor gaya yang menyebabkan perputaran terhadap suatu titik sumbu tertentu. Contoh : model struktur kantilever pada gambar dibawah ini, dimana lampu gantung dan penutup (beban terpusat) bekerja pada titik B, maka akibat beban tersebut timbul momen pada titik A.



## 3. TUMPUAN/PERLETAKAN PADA STRUKTUR

Semua bangunan (konstruksi) terletak diatas tumpuan/perletakan. Fungsi tumpuan adalah menyalurkan gaya-gaya luar yang bekerja pada konstruksi dan berat konstruksi itu sendiri ke bagian bawahnya. Sehingga terdapat reaksi-reaksi yang mengimbangi gaya-gaya luar tadi dan berat konstruksi.

Di dalam statika, ada beberapa jenis tumpuan/perletakan yaitu :

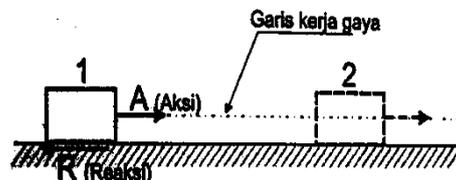
| Type of Support                        | Symbolic Representations | Restraints                           |
|--|--------------------------|--------------------------------------|
| Hinge or pin<br><i>Sendi</i>           |                          | Horizontal<br>Vertical               |
| Roller or rocker<br><i>Rol</i>         |                          | Vertical                             |
| Roller on incline<br><i>Rol miring</i> |                          | Inclined                             |
| Fixed or clamped<br><i>Jepit</i>       |                          | Horizontal<br>Vertical<br>Rotational |
| Link<br><i>Pendel</i>                  |                          | Inclined                             |
| Guide<br><i>Jepit - rol</i>            |                          | Horizontal<br>Rotational             |

# Dasar-dasar Statika dan sistem struktur

## C. GAYA AKSI DAN REAKSI STRUKTUR BALOK SEDERHANA

### 1. PENGERTIAN GAYA AKSI DAN REAKSI

Apabila pada sebuah benda dikerjakan sebuah gaya baik diangkat, ditarik, atau didorong maka akan ada perlawanan terhadap gaya tersebut dan gaya perlawanan tersebut disebut dengan reaksi, sedangkan gaya yang dikerjakan disebut dengan aksi.



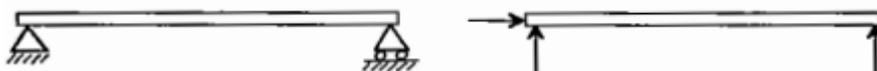
Sesuai dengan hukum ketiga Newton bahwa apabila ada suatu aksi maka akan ada reaksi yang besarnya sama dan arahnya berlawanan.

### 2. KESTABILAN DARI STRUKTUR

Banyaknya reaksi yang dapat ditimbulkan oleh suatu struktur tergantung jenis perletakan yang dipakai. Jumlah total reaksi perletakan,  $r_a$ , yang diperoleh dari jumlah banyaknya reaksi yang dapat dikerahkan dari semua perletakan, dan cara penyusunan perletakan. Besarnya reaksi perletakan dapat dicari dengan menggunakan persamaan keseimbangan.

Apabila banyaknya reaksi perletakan dari suatu struktur adalah  $r_a$ , maka struktur tersebut dikatakan struktur statis tertentu dan stabil, karena besarnya reaksi perletakan dapat ditentukan dari tiga persamaan keseimbangan yang ada. Sedangkan jika  $r_a > 3$ , maka struktur tersebut dikatakan statis tak tentu, karena terdapat kelebihan reaksi yang tidak dapat ditentukan, sehingga membutuhkan persamaan tambahan untuk mendapatkan semua reaksi perletakan. Bila  $r_a < 3$ , maka struktur tersebut dikatakan labil atau tidak stabil. Sehingga dapat disimpulkan kriteria kestabilan dari struktur sebagai berikut :

- a.  $R_a = 3$ , struktur adalah statis tertentu



- b.  $R_a > 3$ , struktur adalah statis tak tentu



- c.  $R_a < 3$ , struktur adalah labil/tidak stabil



# Dasar-dasar Statika dan sistem struktur

## 3. KESEIMBANGAN GAYA

Suatu benda yang menerima gaya, apabila dalam keadaan diam, berarti benda tersebut berada dalam keadaan seimbang, artinya gaya-gaya yang bekerja dalam keadaan seimbang antara gaya aksi dan reaksi.

Menurut Hukum Keseimbangan/ Hukum Newton I : suatu sistem gaya yang bekerja pada suatu benda berada dalam keadaan seimbang, apabila resultan gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut sama dengan NOL. Agar hal tersebut dapat dipenuhi, maka harus mengikuti syarat persamaan keseimbangan sebagai berikut :

- 1) Jumlah gaya-gaya horizontal yang bekerja pada suatu struktur harus = 0,  $\sum H = 0$
- 2) Jumlah gaya-gaya vertikal yang bekerja pada suatu struktur harus = 0,  $\sum V = 0$
- 3) Jumlah gaya-gaya momen atau rotasi yang bekerja pada suatu struktur harus = 0,  $\sum M = 0$

Contoh keseimbangan gaya :

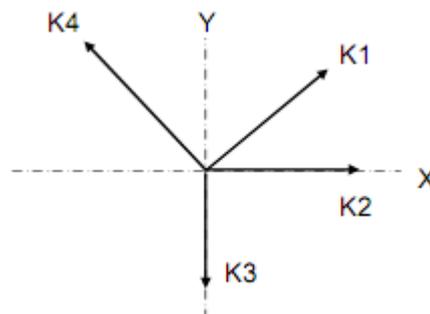
a. Gaya konkuren

Gaya-gaya seimbang apabila,

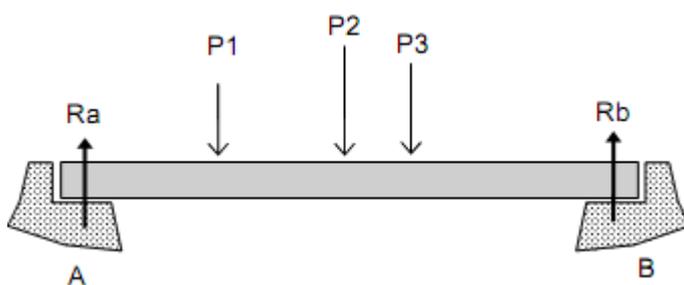
$$R_x = \sum K_x = 0$$

$$R_y = \sum K_y = 0$$

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



b. Dalam bentuk aplikasi pada jembatan sebagai berikut :



Balok diatas dua tumpuan (A dan B), dalam keadaan seimbang terdapat gaya-gaya,

$$R_a + R_b = P_1 + P_2 + P_3$$

# Daftar Pustaka

1. Thamrin Nasution, 2012, *Modul Kuliah Statika I*, Departemen Teknik Sipil, FTSP, ITMI, Medan
2. Wesli, 2010, *Mekanika Rekayasa*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
3. Elly Tjahjono, Sulistyoweni, 1999, *Modul Pembelajaran Mekanika Teknik I*, Universitas Indonesia, Jakarta.
4. Timoshenko, Young, D.H., 1992, *Mekanika Teknik Edisi ke-4*, Erlangga, Jakarta.

## MODUL PERKULIAHAN

# Statika

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

Fakultas

Fakultas  
Teknik

Program Studi

Teknik Sipil

Tatap Muka

02

Kode MK

Disusun Oleh

Program Studi Teknik Sipil

### Abstract

Mata kuliah Statika berisi tentang materi mengenai cara-cara analisis struktur statis tertentu untuk menghitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam struktur balok sederhana, balok gerber/majemuk, portal pelengkung tiga sendi, dan rangka batang

### Kompetensi

Mahasiswa dapat menganalisa struktur statis tertentu (balok, portal, dan rangka batang), dapat menghitung reaksi perletakan, menghitung dan membuat diagram gaya-gaya dalam, serta garis pengaruh untuk balok dan rangka batang.

# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

## A. SISTEM PERLETAKAN/TUMPUAN DAN KOMPONENNYA

### 1. Jenis dan Sifat Perletakan serta komponennya.

Perletakan/tumpuan adalah titik pertemuan yang berfungsi sebagai landasan seperti yang ada pada pertemuan pada bentang balok dengan kolom atau sebaliknya. Titik pertemuan ini yang dianggap sebagai perletakan/tumpuan.

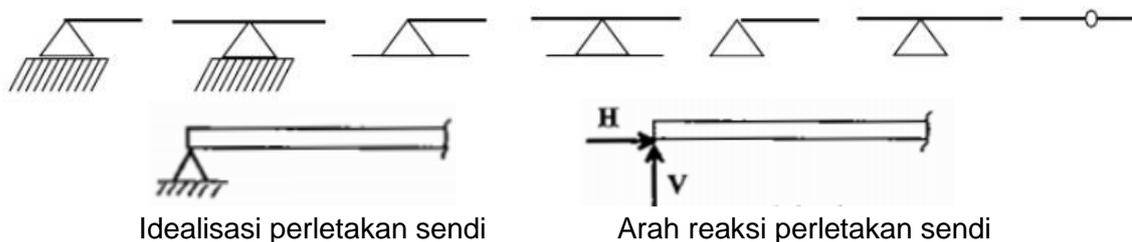
Penggunaan jenis perletakan/tumpuan ini tergantung pada sistem struktur yang diinginkan dan biasanya yang digunakan berupa kombinasi perletakan/tumpuan.

Terdapat 3 macam perletakan/tumpuan dasar, yaitu :

#### 1. Perletakan/ tumpuan sendi, ciri-cirinya :

- Perletakan/tumpuan ini mencegah translasi tetapi tidak mencegah rotasi, dengan kata lain dapat menahan gaya dari segala arah, tetapi tidak dapat menahan momen (perputaran)
- Tumpuan ini mempunyai dua komponen, yang satu dalam arah horizontal (gaya arah sejajar bidang perletakan) dan yang lainnya dalam arah vertikal (gaya arah tegak lurus bidang perletakan). Jadi, pada tumpuan ini terdapat 2 reaksi perletakan ( 2 variabel yang tidak diketahui) .

Simbol atau tanda perletakan/tumpuan sendi :

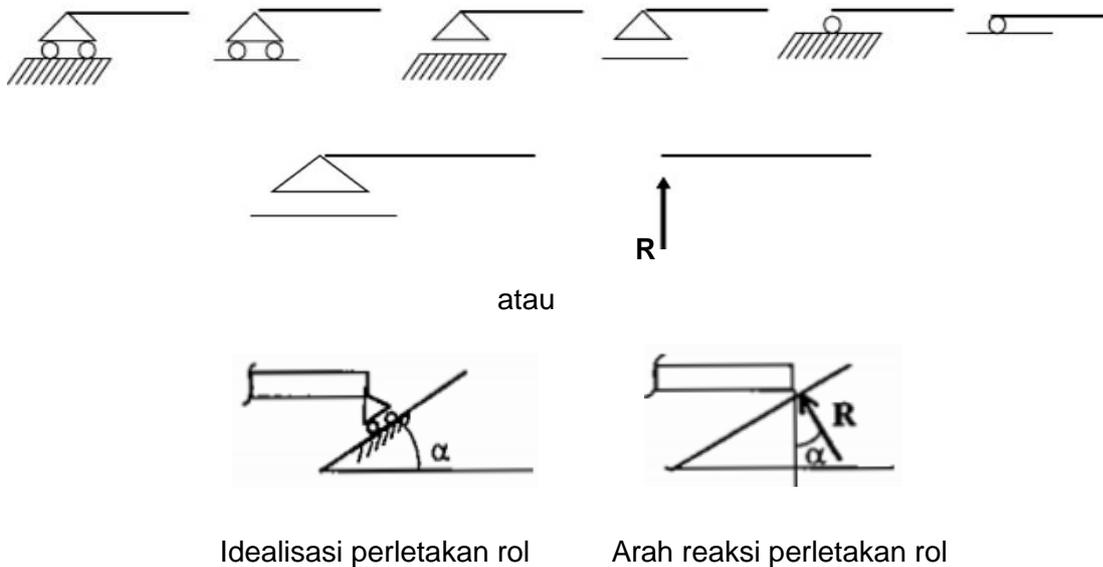


#### 2. Perletakan/ tumpuan rol, ciri-cirinya :

- Tumpuan ini hanya bisa menahan gaya vertikal saja (mencegah translasi dalam arah gaya tegak lurus bidang perletakan), sebab apabila menerima gaya horisontal, rol akan bergerak atau bergeser sesuai arah gaya yang bekerja.
- Tumpuan ini mempunyai satu komponen, dalam arah gaya tegak lurus bidang perletakan. Jadi, pada tumpuan ini terdapat 1 reaksi perletakan (1 variabel yang tidak diketahui).

# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

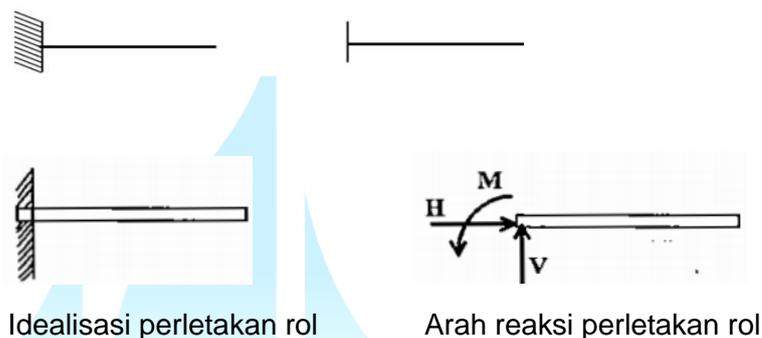
Simbol atau tanda perletakan/tumpuan rol :



3. Perletakan/ tumpuan jepit, ciri-cirinya :

- a) Perletakan/tumpuan ini sering disebut perletakan kaku, artinya tidak dapat mengalami translasi (perpindahan) dalam semua arah dan tidak dapat mengalami rotasi (perputaran).
- b) Tumpuan ini mampu menahan gaya arah sejajar bidang perletakan (gaya horisontal) dan gaya tegak lurus bidang perletakan (gaya vertikal), serta mampu menahan momen. Jadi, pada tumpuan ini terdapat 3 reaksi perletakan. (3 variabel yang tidak diketahui)

Simbol atau tanda perletakan/tumpuan jepit :



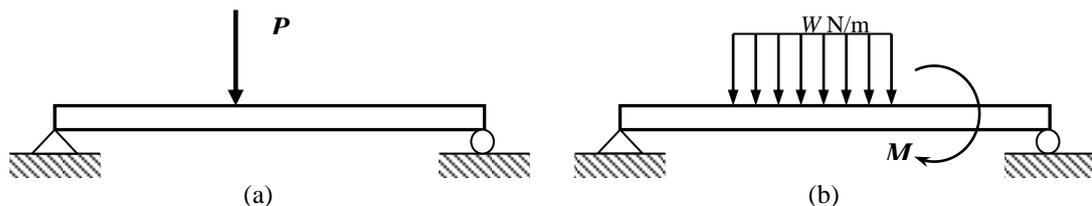
# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

## 2. Idealisasi Struktur Statis Tertentu :

- Balok Sederhana
- Balok Menggantung
- Balok Kantilever
- Balok Gerber
- Rangka Batang

### a. Balok Sederhana

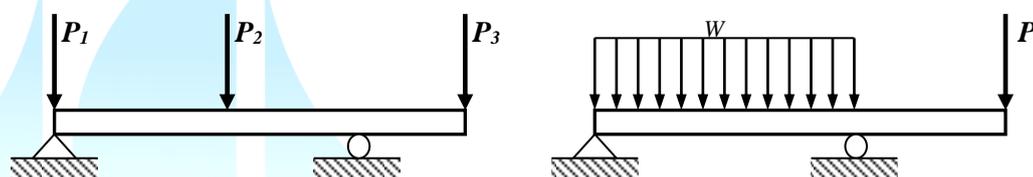
Suatu balok yang disangga secara bebas pada kedua ujungnya disebut balok sederhana. Istilah “disangga secara bebas” menyatakan secara tidak langsung bahwa ujung penyangga hanya mampu menahan gaya-gaya pada batang dan tidak mampu menghasilkan momen. Dengan demikian tidak ada tahanan terhadap rotasi pada ujung batang jika batang mengalami tekukan karena pembebanan. Batang sederhana diilustrasikan pada gambar di bawah ini.



Perlu diperhatikan bahwa sedikitnya satu dari penyangga harus mampu menahan pergerakan horisontal sedemikian sehingga tidak ada gaya yang muncul pada arah sumbu balok. Balok pada gambar (a) dikatakan dikenai gaya terkonsentrasi atau gaya tunggal; sedang batang pada gambar (b) dibebani pasangan beban terdistribusi seragam.

### b. Balok Menggantung

Merupakan suatu balok yang disangga secara bebas pada dua titik dan menggantung di salah satu ujungnya.

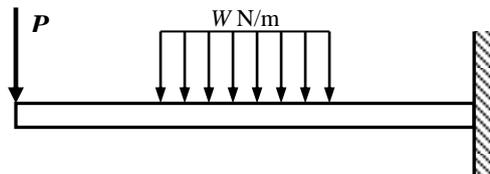


# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

## c. Balok Kantilever

Jika suatu balok disangga atau dijepit hanya pada salah satu ujungnya sedemikian sehingga sumbu balok tidak dapat berputar pada titik tersebut, maka balok tersebut disebut balok gantung, balok kantilever.

Tipe balok kantilever ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Ujung kiri balok adalah bebas terhadap tekukan dan pada ujung kanan dijepit. Reaksi dinding penyangga pada ujung kanan balok terdiri atas gaya vertikal sebesar gaya dan pasangan gaya-gaya yang bekerja pada bidang balok.



## d. Balok Gerber

Balok gerber merupakan suatu konstruksi balok yang mempunyai jumlah reaksi perletakan  $> 3$  buah, namun masih dapat diselesaikan dengan syarat-syarat keseimbangan pada statis tertentu.

Balok gerber merupakan gabungan balok di atas beberapa tumpuan, yang diberi persendian tambahan pada sambungan balok tersebut, dengan tujuan :

- 1) Agar momen yang terjadi menjadi relatif kecil, sehingga diperoleh konstruksi yang lebih ringan.
- 2) Menjadikan konstruksi statis tak tentu menjadi statis tertentu

Pada konstruksi balok gerber perlu ditetapkan jumlah sendi tambahan berdasarkan jumlah tumpuan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$S = (n-2)$$

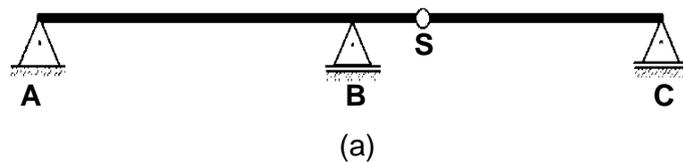
di mana :

**S** = Jumlah sendi tambahan

**n** = Jumlah tumpuan

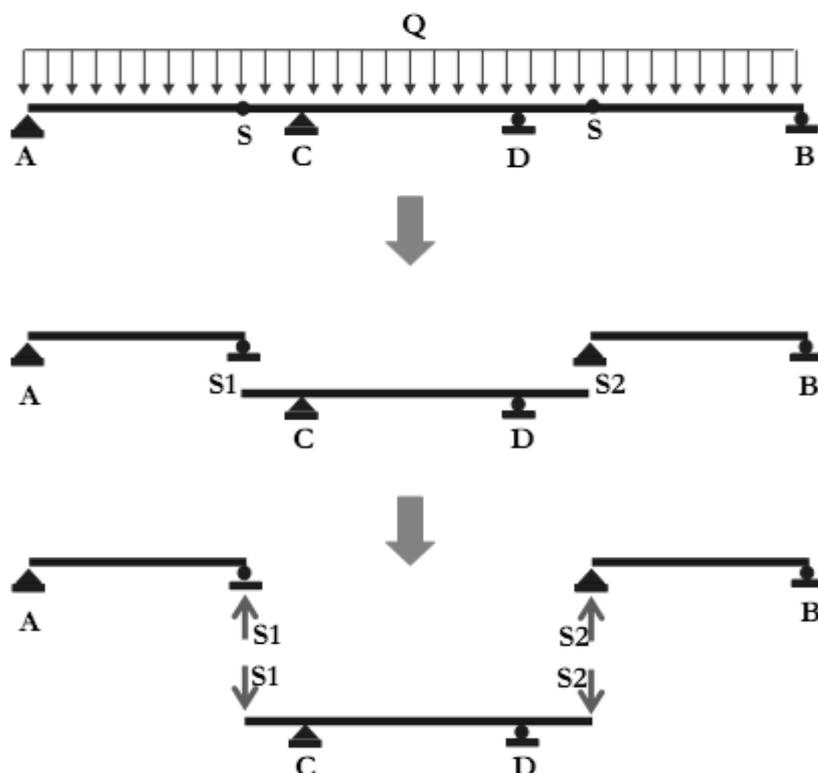
# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

Dalam Konstruksi Gerber yang perlu diperhatikan ialah mana yang dimaksud balok anak dan mana yang balok induk.



Keterangan gambar (a) :

- $S = 3 - 2 = 1$ , jadi hanya ada 1 sendi tambahan.
- Balok AB merupakan konstruksi yang mendukung/utama ( balok induk)
- Balok SC merupakan konstruksi yang didukung atau menumpang (balok anak)



(b)

Keterangan gambar (b) :

- $S = 4 - 2 = 2$ , jadi ada 2 sendi tambahan.
- Balok CD merupakan konstruksi yang mendukung/utama ( balok induk)
- Balok  $AS_1$  dan  $S_2B$  merupakan konstruksi yang didukung atau menumpang (balok anak)

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

- Penyelesaian,

Langkah 1 :

Menyelesaikan balok kiri dan balok kanan dengan persamaan keseimbangan.

Langkah 2 :

Reaksi  $S_1$  dan  $S_2$  menjadi beban di balok tengahnya.

Langkah 3 :

Langkah perhitungan dapat mulai dikerjakan berdasarkan persamaan keseimbangan.

### e. Rangka Batang

Merupakan struktur yang terdiri dari sejumlah batang yang saling dihubungkan pada ujung-ujungnya oleh titik hubung (joints). Tampilan struktur rangka batang umumnya terdiri dari beberapa segitiga yang disusun sedemikian rupa. Bentuk segitiga dapat membentuk rangka yang stabil dan kaku.

Sebuah rangkaian segitiga yang membentuk rangka batang akan tetap stabil, jika memenuhi persamaan :

$$m \geq 2.j - r$$

dimana :

$m$  = jumlah batang (member)

$j$  = jumlah joint (termasuk joint pada tumpuan)

$r$  = jumlah reaksi tumpuan

Sebuah struktur rangka batang termasuk struktur statis tertentu, jika memenuhi syarat :

$$m = 2.j - r$$

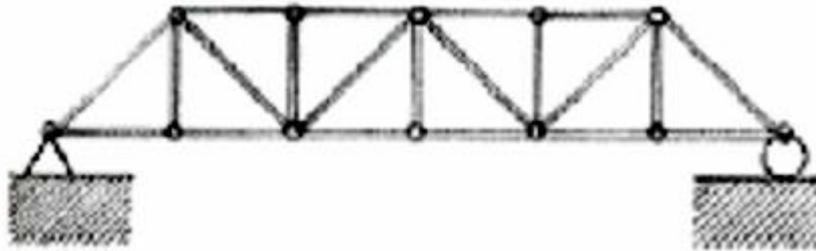
dimana :

$m$  = jumlah batang (member)

$j$  = jumlah joint (termasuk joint pada tumpuan)

$r$  = jumlah reaksi tumpuan

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber



Keterangan gambar:

|             |                              |                              |
|-------------|------------------------------|------------------------------|
| Persamaan   | $m \geq 2.j - r$             | $m = 2.j - r$                |
| Perhitungan | $21 = 2.12 - 3$<br>$21 = 21$ | $21 = 2.12 - 3$<br>$21 = 21$ |
| Kesimpulan  | <b>Stabil</b>                | <b>Statis tertentu</b>       |

Jadi, rangka batang pada gambar (a) adalah struktur statis tertentu yang stabil.

### B. REAKSI PERLETAKAN BALOK SEDERHANA DAN KANTILEVER

#### 1. Langkah perhitungan reaksi perletakan :

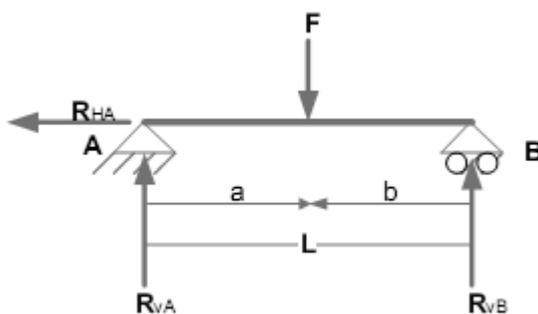
- Sketsa kembali
- Periksa apakah stuktur tersebut statis tertentu dan stabil.
- Jika struktur tersebut statis tertentu dan stabil, maka misalkan arah kerja reaksi perletakan sesuai dengan jenis perletakan dan beri nama setiap reaksinya sesuai dengan titik dimana reaksi itu bekerja.
- Uraikan semua gaya yang diperlukan (misalnya gaya yang miring dan beban terbagi rata)
- Hitung reaksi dengan persamaan keseimbangan :
  - $\sum V = 0$  (Jumlah komponen vertikal gaya sama dengan nol)
  - $\sum H = 0$  (Jumlah komponen horisontal gaya sama dengan nol);

- $\Sigma M = 0$  (Jumlah momen disekitar suatu titik tertentu sama dengan nol).
- f) Kontrol hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan yang belum pernah dipakai dalam perhitungan struktur yang sedang dihitung reaksi perletakannya.

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

### 2. Reaksi Perletakan Balok sederhana dan Kantilever : Beban terpusat dan beban merata

#### a) Balok sederhana dengan beban terpusat



3 buah reaksi :

$R_{HA}$  : reaksi horisontal A

$R_{VA}$  : reaksi vertikal A

$R_{VB}$  : reaksi vertikal B

Perhitungan perletakan :

❖  $\Sigma H = 0 \rightarrow R_{HA} = 0$  (tidak ada aksi)

❖  $\Sigma M_A = 0 \rightarrow F \cdot a - R_{VB} \cdot L = 0$

$$R_{VB} = \frac{F \cdot a}{L}$$

❖  $\Sigma M_B = 0 \rightarrow -F \cdot a + R_{VA} \cdot L = 0$

$$R_{VA} = \frac{F \cdot b}{L}$$

❖  $\Sigma V = 0 \rightarrow R_{VA} + R_{VB} - F = 0$  (untuk pengecekan hasil perhitungan)

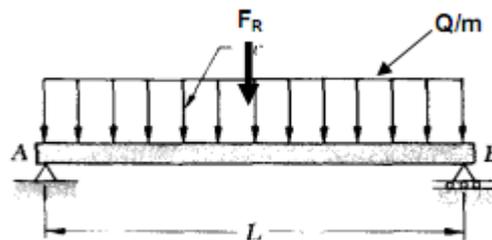
Jadi, reaksi perletakannya adalah

•  $R_{VB} = \frac{F \cdot a}{L}$

$$\bullet R_{VA} = \frac{F \cdot b}{L}$$

b) Balok sederhana dengan beban merata

- Beban terbagi merata  $Q$  (N/m)
- Beban terbagi merata dapat diwakili oleh satu beban titik yang posisinya berada ditengah-tengah (titik berat beban), digambarkan oleh  $F_R = Q \times L$



## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

Perhitungan perletakan :

$$\diamond \sum H = 0 \rightarrow R_{HA} = 0 \text{ (tidak ada aksi)}$$

$$\diamond \sum M_A = 0 \rightarrow F_R \cdot \frac{1}{2}L - R_{VB} \cdot L = 0$$

$$Q \cdot L \cdot \frac{1}{2}L - R_{VB} \cdot L = 0$$

$$\frac{1}{2}QL^2 - R_{VB} \cdot L = 0$$

$$R_{VB} = \frac{\frac{1}{2}QL^2}{L}$$

$$R_{VB} = \frac{1}{2}QL$$

$$R_{VB} = \frac{1}{2}F_R$$

$$\diamond \sum M_B = 0 \rightarrow -F_R \cdot \frac{1}{2}L + R_{VA} \cdot L = 0$$

$$-Q \cdot L \cdot \frac{1}{2}L + R_{VA} \cdot L = 0$$

$$-\frac{1}{2}QL^2 + R_{VA} \cdot L = 0$$

$$R_{VA} = \frac{\frac{1}{2}QL^2}{L}$$

$$R_{VA} = \frac{1}{2} QL$$

$$R_{VA} = \frac{1}{2} F_R$$

$$\checkmark R_{VA} = R_{VB} = \frac{1}{2} F_R \text{ (simetris)}$$

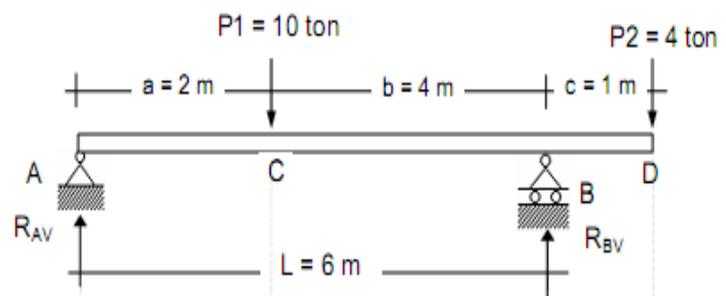
$$\diamond \sum V = 0 \rightarrow R_{VA} + R_{VB} - F_R = 0 \text{ (untuk pengecekan hasil perhitungan)}$$

Jadi, reaksi perletakannya adalah

$$\bullet R_{VB} = \frac{1}{2} F_R$$

$$\bullet R_{VA} = \frac{1}{2} F_R$$

c) Balok menggantung dengan beban terpusat



## Daftar Pustaka

1. Thamrin Nasution, 2012, *Modul Kuliah Statika I*, Departemen Teknik Sipil, FTSP, ITMI, Medan
2. Wesli, 2010, *Mekanika Rekayasa*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
3. Elly Tjahjono, Sulistyoweni, 1999, *Modul Pembelajaran Mekanika Teknik I*, Universitas Indonesia, Jakarta.
4. Timoshenko, Young, D.H., 1992, *Mekanika Teknik Edisi ke-4*, Erlangga, Jakarta.
5. Djoko Sulistyoyo, 2012, *Analisa Struktur 1*, Jurusan Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta.

## MODUL PERKULIAHAN

# Statika

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber (lanjut)

Fakultas

Fakultas  
Teknik

Program Studi

Teknik Sipil

Tatap Muka

**03**

Kode MK

Disusun Oleh

Program Studi Teknik Sipil

### Abstract

Mata kuliah Statika berisi tentang materi mengenai cara-cara analisis struktur statis tertentu untuk menghitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam struktur balok sederhana, balok gerber/majemuk, portal pelengkung tiga sendi, dan rangka batang

### Kompetensi

Mahasiswa dapat menganalisa struktur statis tertentu (balok, portal, dan rangka batang), dapat menghitung reaksi perletakan, menghitung dan membuat diagram gaya-gaya dalam, serta garis pengaruh untuk balok dan rangka batang.

# Reaksi

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

Perhitungan perletakan :

$$\diamond \sum H = 0 \rightarrow R_{HA} = 0 \text{ (tidak ada aksi)}$$

$$\diamond \sum M_A = 0 \rightarrow -R_{BV} \cdot L + P_2 \cdot (c+L) + P_1 \cdot a = 0$$

$$R_{BV} = \frac{P_1 \cdot a + P_2 \cdot (c+L)}{L}$$

$$\diamond \sum M_B = 0 \rightarrow R_{AV} \cdot L - P_1 \cdot b + P_2 \cdot c = 0$$

$$R_{AV} = \frac{P_1 \cdot b - P_2 \cdot (c)}{L}$$

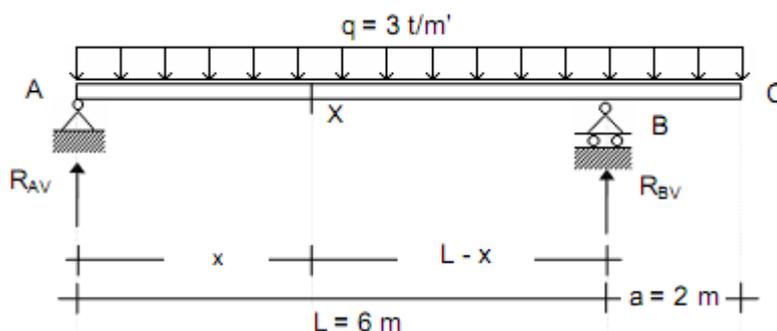
$$\diamond \sum V = 0 \rightarrow R_{VA} + R_{VB} - F_R = 0 \text{ (untuk pengecekan hasil perhitungan)}$$

Jadi, reaksi perletakannya adalah

$$\bullet R_{AV} = \frac{P_1 \cdot b - P_2 \cdot (c)}{L}$$

$$\bullet R_{BV} = \frac{P_1 \cdot a + P_2 \cdot (c+L)}{L}$$

d) Balok menggantung dengan beban merata



Perhitungan perletakan :

$$\diamond \sum H = 0 \rightarrow R_{HA} = 0 \text{ (tidak ada aksi)}$$

$$\diamond \sum M_A = 0 \rightarrow -R_{BV} \cdot L + q \cdot L \cdot \frac{1}{2} L + q \cdot a \cdot (\frac{1}{2} a + L) = 0$$
$$- R_{BV} \cdot L + q \cdot (L + a) \cdot \frac{1}{2} \cdot (a + L) = 0$$

$$R_{BV} = \frac{\frac{1}{2} q \cdot (L+a)^2}{L}$$

$$R_{BV} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (3) \cdot (6+2)^2}{6}$$

$$R_{BV} = + 16 \text{ ton } (\uparrow)$$

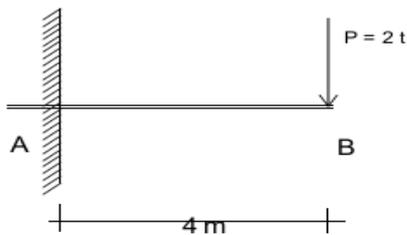
## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

$$\begin{aligned} \diamond \sum M_B = 0 &\rightarrow R_{AV} \cdot L - q \cdot L \cdot \frac{1}{2} L + q \cdot a \cdot \frac{1}{2} a = 0 \\ &- R_{AV} \cdot L - \frac{1}{2} q \cdot (L^2 - a^2) = 0 \\ R_{AV} \cdot L &= \frac{1}{2} q \cdot (L^2 - a^2) \\ R_{AV} &= \frac{\frac{1}{2} \cdot (3) \cdot (6^2 - 2^2)}{6} \\ R_{AV} &= + 8 \text{ ton } (\uparrow) \end{aligned}$$

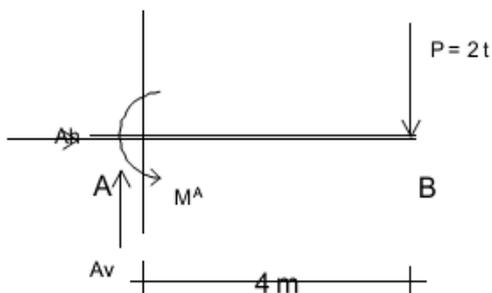
❖ Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

$$\begin{aligned} \sum V = 0 &\rightarrow R_{AV} + R_{BV} - q \cdot (L + a) = 0 \\ 8 + 16 - 3 \cdot (6 + 2) &= 0 \\ 0 &= 0 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

e) Kantilever dengan beban terpusat



Perhitungan perletakan :



$$\diamond \sum H = 0 \rightarrow R_{AH} = 0 \text{ (tidak ada aksi)}$$

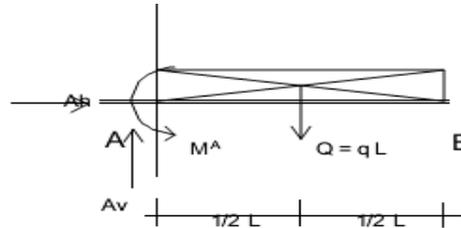
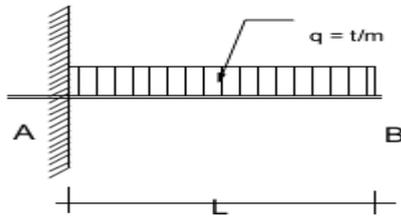
$$\begin{aligned} \diamond \sum V = 0 &\rightarrow R_{AV} - P = 0 \\ R_{AV} &= 2 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond \sum M_A = 0 &\rightarrow M_A - P \cdot l = 0 \\ M_A &= P \cdot l \end{aligned}$$

$$M_A = 8 \text{ ton meter}$$

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

### f) Kantilever dengan beban merata



Perhitungan perletakan :

$$\diamond \sum H = 0 \rightarrow R_{AH} = 0 \text{ (tidak ada aksi)}$$

$$\diamond \sum V = 0 \rightarrow R_{AV} - q \cdot l = 0$$

$$R_{AV} = q \cdot l$$

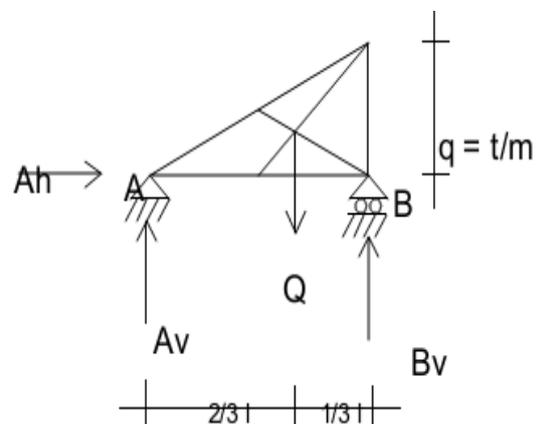
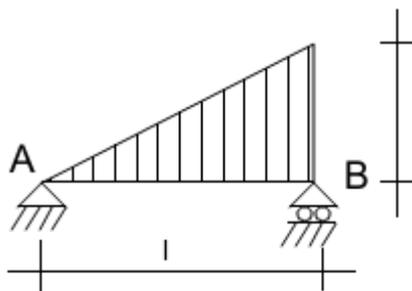
$$\diamond \sum M_A = 0 \rightarrow M_A - Q \cdot \frac{1}{2}l = 0$$

$$M_A = -q \cdot l \cdot \frac{1}{2}l$$

$$M_A = -\frac{1}{2} q \cdot l^2$$

### 3. Reaksi Perletakan Balok sederhana dan Kantilever : Beban segitiga dan beban kombinasi.

#### a) Balok sederhana dengan beban segitiga



Perhitungan perletakan :

$$\diamond \sum H = 0 \rightarrow R_{AH} = 0 \text{ (tidak ada aksi)}$$

$$\diamond \sum M_A = 0 \rightarrow Q \cdot \frac{2}{3}l - R_{BV} \cdot l = 0$$

$$\frac{1}{2}q \cdot l \cdot \frac{2}{3}l - R_{BV} \cdot l = 0$$

$$\frac{2}{6}q \cdot l^2 - R_{BV} \cdot l = 0$$

$$R_{BV} \cdot l = \frac{2}{6} \cdot q \cdot l$$

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

$$\diamond \sum M_B = 0 \rightarrow R_{AV} \cdot l - Q \cdot \frac{1}{3}l = 0$$

$$R_{AV} \cdot l - \frac{1}{2}q \cdot l \cdot \frac{1}{3}l = 0$$

$$R_{AV} \cdot l - \frac{1}{6}q \cdot l^2 = 0$$

$$R_{BV} = \frac{1}{6} \cdot q \cdot l$$

❖ Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

$$\sum V = 0 \rightarrow R_{AV} + R_{BV} - Q = 0$$

$$\frac{1}{6}q \cdot l + \frac{2}{3}q \cdot l - \frac{1}{2}q \cdot l = 0$$

$$\frac{1}{6}q \cdot l + \frac{2}{3}q \cdot l = \frac{1}{2}q \cdot l$$

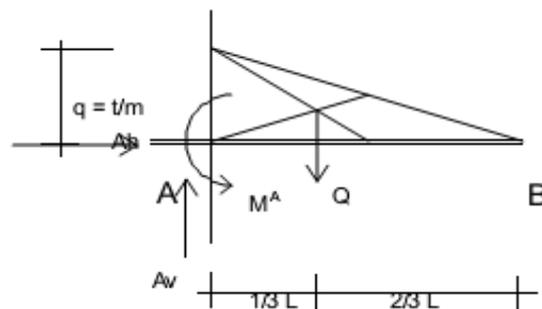
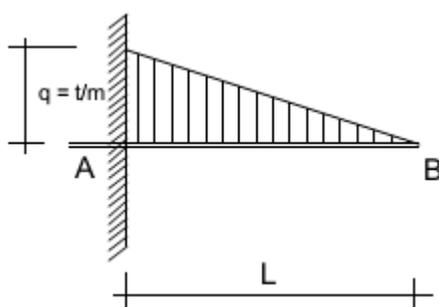
$$\frac{3}{6}q \cdot l = \frac{1}{2}q \cdot l$$

$$\frac{1}{2}q \cdot l = \frac{1}{2}q \cdot l$$

$$\frac{1}{2}q \cdot l - \frac{1}{2}q \cdot l = 0$$

0 = 0 (memenuhi)

b) Kantilever dengan beban segitiga



Perhitungan perletakan :

$$\diamond \sum H = 0 \rightarrow R_{AH} = 0 \text{ (tidak ada beban horisontal)}$$

$$\diamond \sum V = 0 \rightarrow R_{AV} - Q = 0$$

$$R_{VA} - \frac{1}{2}q \cdot l = 0$$

$$R_{VA} = \frac{1}{2}q \cdot l$$

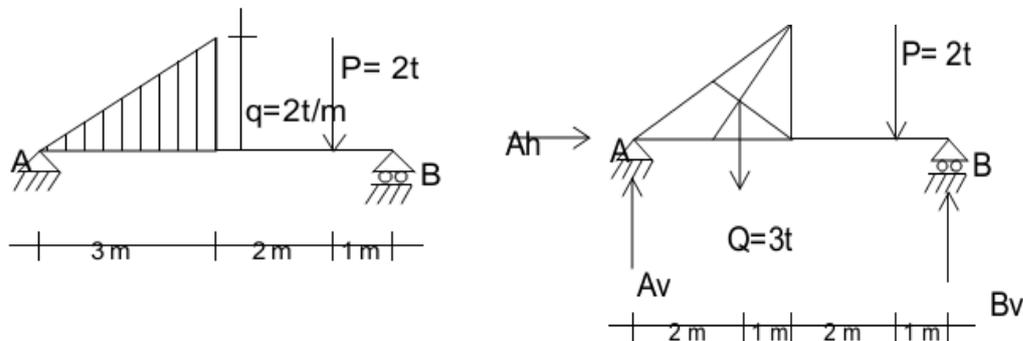
$$\diamond \sum M_A = 0 \rightarrow M_A + Q \cdot \frac{1}{3}l = 0$$

$$M_A + \frac{1}{2}q \cdot l \cdot \frac{1}{3}l = 0$$

$$M_A = -\frac{1}{6}q \cdot l^2$$

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

### c) Balok sederhana dengan beban kombinasi



Perhitungan perletakan :

$$\diamond Q = \frac{1}{2}q \cdot l$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 2 \frac{\text{ton}}{\text{meter}} \cdot 3 \text{ meter}$$

$$= 3 \text{ ton}$$

$$\diamond \sum H = 0 \rightarrow R_{AH} = 0 \text{ (tidak ada beban horisontal)}$$

$$\diamond \sum M_A = 0 \rightarrow Q \cdot 2 \text{ m} + P \cdot 5 \text{ m} - R_{BV} \cdot 6 \text{ m} = 0$$

$$3 \text{ ton} \cdot 2 \text{ m} + 2 \text{ ton} \cdot 3 \text{ m} - R_{BV} \cdot 6 \text{ m} = 0$$

$$6 \text{ ton} \cdot \text{m} + 10 \text{ ton} \cdot \text{m} - R_{BV} \cdot 6 \text{ m} = 0$$

$$16 \text{ ton} \cdot \text{m} - R_{BV} \cdot 6 \text{ m} = 0$$

$$- R_{BV} \cdot 6 \text{ m} = -16 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$R_{BV} = \frac{-16 \text{ ton} \cdot \text{m}}{-6 \text{ m}}$$

$$R_{BV} = 2,667 \text{ ton}$$

$$\diamond \sum M_B = 0 \rightarrow R_{AV} \cdot 6 \text{ m} - Q \cdot 4 \text{ m} - P \cdot 1 \text{ m} = 0$$

$$R_{AV} \cdot 6 \text{ m} - 3 \text{ ton} \cdot 4 \text{ m} - 2 \text{ ton} \cdot 1 \text{ m} = 0$$

$$R_{AV} \cdot 6 \text{ m} - 12 \text{ ton} \cdot \text{m} - 2 \text{ ton} \cdot \text{m} = 0$$

$$R_{AV} \cdot 6 \text{ m} - 14 \text{ ton} \cdot \text{m} = 0$$

$$R_{AV} \cdot 6 \text{ m} = 14 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$R_{BV} = \frac{14 \text{ ton.m}}{6 \text{ m}}$$

$$R_{BV} = 2,3333 \text{ ton}$$

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

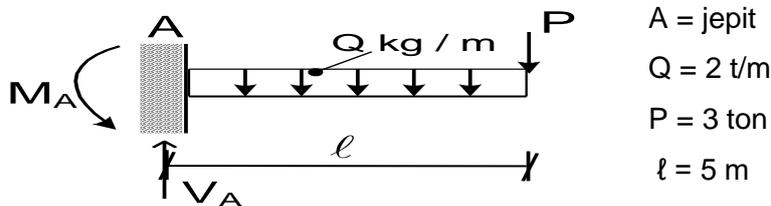
❖ Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

$$\sum V = 0 \rightarrow R_{AV} + R_{BV} - Q - P = 0$$

$$2,333 \text{ ton} + 2,667 \text{ ton} - 3 \text{ ton} - 2 \text{ ton} = 0$$

$$0 = 0 \text{ (memenuhi)}$$

d) Kantilever dengan beban kombinasi



A = jepit

Q = 2 t/m

P = 3 ton

l = 5 m

❖  $\sum H = 0 \rightarrow R_{HA} = 0$  (tidak ada beban horisontal)

❖  $\sum V = 0 \rightarrow R_{VA} - Q - P = 0$

$$R_{VA} - q \cdot l - P = 0$$

$$R_{VA} = q \cdot l + P$$

$$R_{VA} = 2.5 + 3$$

$$R_{VA} = 13 \text{ ton } (\uparrow)$$

❖  $\sum M_A = 0 \rightarrow -M_A + Q \cdot \frac{1}{2}l + P \cdot l = 0$

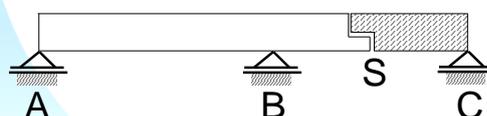
$$M_A = 10 \text{ ton} \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ m} + 3 \text{ ton} \cdot 5 \text{ m} = 40 \text{ ton.m}$$

### C. ANALISIS STRUKTUR BALOK MAJEMUK/GERBER

#### 1. Pengertian Balok Majemuk/Gerber dan Freebody

Balok Gerber adalah balok yang disambung dengan balok lain dengan titik sambungan berupa sendi. Balok gerber merupakan struktur balok panjang.

Dalam Konstruksi Gerber yang perlu diperhatikan ialah mana yang dimaksud anak balok dan mana yang induk balok.



SC adalah balok yang menumpang pada balok BC jadi :

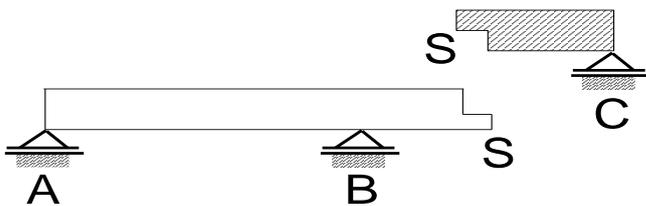
- Balok AB merupakan konstruksi yang mendukung/utama ( balok induk )
- Balok SC merupakan konstruksi yang didukung atau menumpang ( balok anak )

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

Untuk keperluan analisis statis tertentu pada balok gerber, maka kita perlu untuk **mem-freebody-kan** balok gerber tersebut. Dalam konteks ini, kita perlu **melepas balok** gerber menjadi **balok anak** dan **balok induk**.

### 2. Analisis Freebody

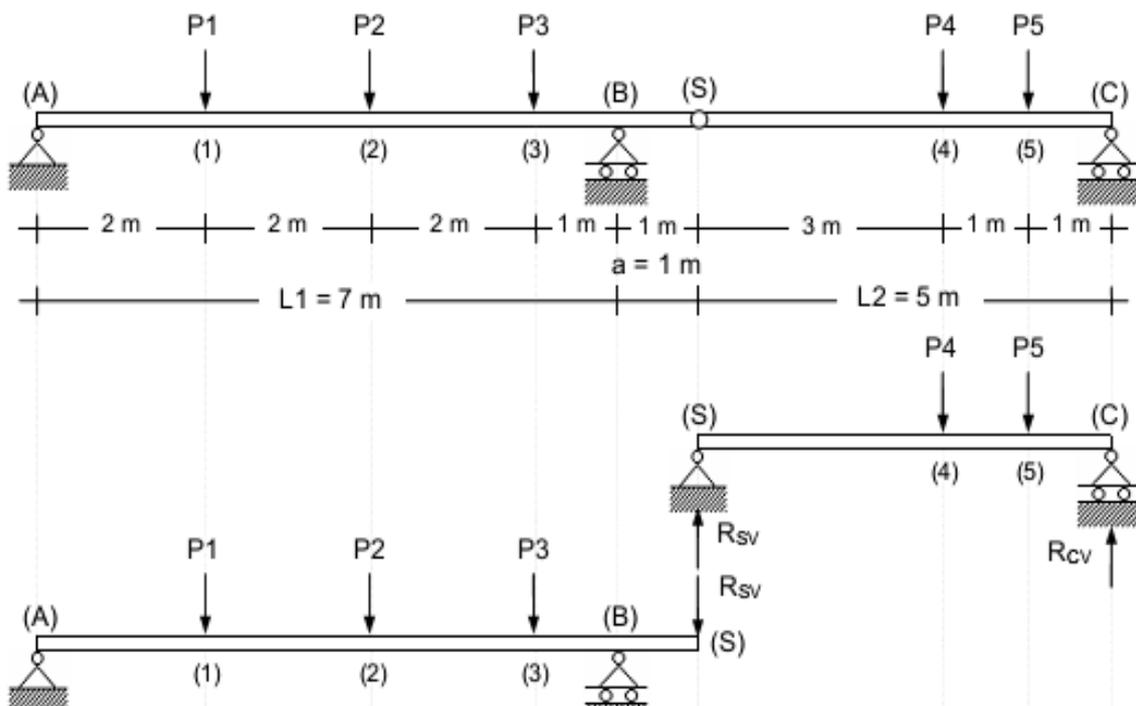
Konstruksi diatas dapat dianalisa sebagai berikut :



- Balok anak SC dilepas dari balok induk AB
- Balok Gerber menjadi freebody SC dan freebody AB
- Balok induk AB memikul beban yang disalurkan dari titik sambungan S
- Perletakan yang dicari tetap pada sendi dan rol A, B, & C

### 3. Reaksi Perletakan Balok Majemuk/Gerber

Suatu konstruksi seperti tergambar diatas memikul muatan terpusat  $P_1 = 2$  ton,  $P_2 = 3$  ton,  $P_3 = 2$  ton,  $P_4 = 4$  ton dan  $P_5 = 3$  ton pada freebody A – B– S dan S – C.

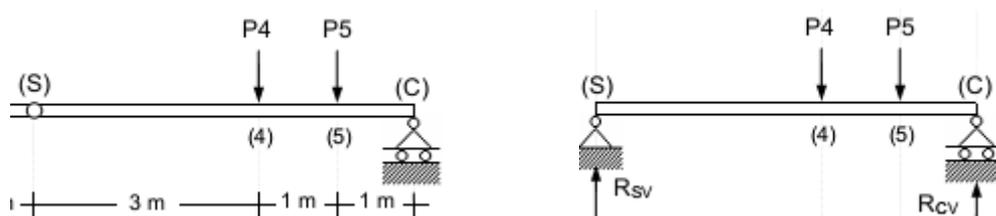


# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

Perhitungan reaksi perletakan pada balok gerber, dimulai dengan menghitung reaksi perletakan potongan (freebody) dari balok yang menumpang atau yang tidak stabil terlebih dahulu.

Perhitungan perletakan :

## 1. Freebody S – C (balok yang menumpang/balok anak)



$$\triangleright \sum M_C = 0 \rightarrow R_{sv} \cdot 5m - P_4 \cdot 2m - P_5 \cdot 1m = 0$$

$$R_{sv} \cdot 5m = 4\text{ton} \cdot 2m + 3\text{ton} \cdot 1m$$

$$R_{sv} = \frac{11\text{ ton} \cdot \text{m}}{5m}$$

$$R_{sv} = 2,2\text{ ton}$$

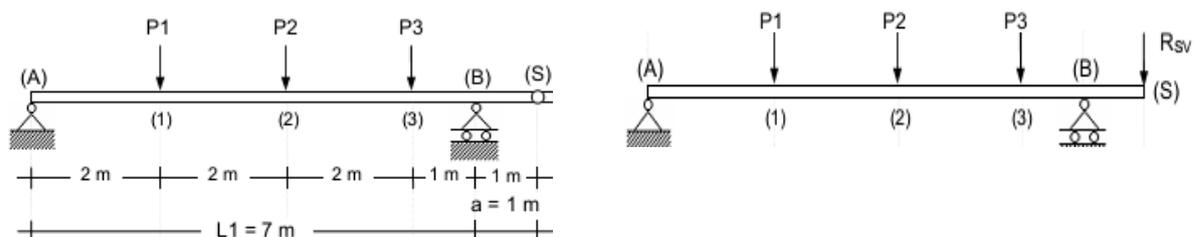
$$\triangleright \sum M_S = 0 \rightarrow -R_{cv} \cdot 5m + P_5 \cdot 4m + P_4 \cdot 3m = 0$$

$$R_{cv} \cdot 5m = 3\text{ton} \cdot 4m + 4\text{ton} \cdot 3m$$

$$R_{cv} = \frac{24\text{ ton} \cdot \text{m}}{5m}$$

$$R_{cv} = 4,8\text{ ton}$$

## 2. Freebody A – B– S (balok induk)



$$\triangleright \sum M_A = 0 \rightarrow -R_{Bv} \cdot 7m + P_1 \cdot 2m + P_2 \cdot 4m + P_3 \cdot 6m + R_{sv} \cdot 8m = 0$$

$$R_{Bv} \cdot 7m = 2\text{ton} \cdot 2m + 3\text{ton} \cdot 4m + 2\text{ton} \cdot 6m + 2,2\text{ ton} \cdot 8m$$

$$R_{BV} = \frac{45,6 \text{ ton.m}}{7\text{m}}$$

$$R_{BV} = 6,514 \text{ ton}$$

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

➤  $\sum M_B = 0 \rightarrow R_{AV} \cdot 7\text{m} - P_1 \cdot 5\text{m} - P_2 \cdot 3\text{m} - P_3 \cdot 1\text{m} + R_{SV} \cdot 1\text{m} = 0$

$$R_{AV} \cdot 7\text{m} = 2\text{ton} \cdot 5\text{m} + 3\text{ton} \cdot 3\text{m} + 2\text{ton} \cdot 1\text{m} - 2,2\text{ton} \cdot 1\text{m}$$

$$R_{AV} = \frac{18,8 \text{ ton.m}}{7\text{m}}$$

$$R_{AV} = 2,686 \text{ ton}$$

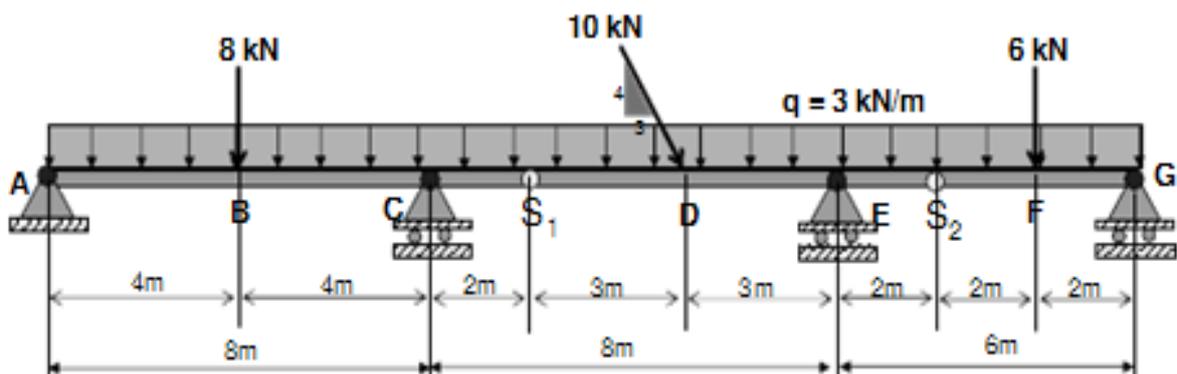
➤ Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

$$\sum V = 0 \rightarrow R_{AV} + R_{BV} - P_1 - P_2 - P_3 - R_{SV} = 0$$

$$2,686 \text{ ton} + 6,514 \text{ ton} - 2 \text{ ton} - 3 \text{ ton} - 2 \text{ ton} - 2,2 \text{ ton} = 0$$

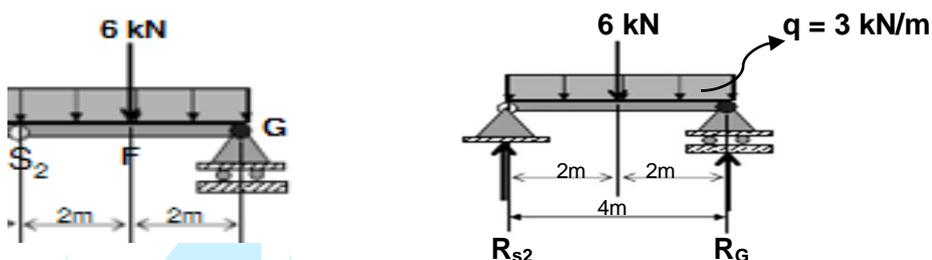
$$0 = 0 \text{ (memenuhi)}$$

### 4. Reaksi Perletakan Balok Majemuk/Gerber dengan beban kombinasi



Perhitungan perletakan :

1. **Freebody  $S_2 - G$**  (balok yang menumpang/balok anak)



➤  $\sum M_G = 0 \rightarrow R_{S2} \cdot 4\text{m} - 6 \text{ kN} \cdot 2\text{m} - 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4\text{m} \cdot 2\text{m} = 0$

$$R_{S2} \cdot 4\text{m} = 36 \text{ kN.m}$$

$$R_{S2} = \frac{36 \text{ kN.m}}{4 \text{ m}}$$

$$R_{S2} = 9 \text{ kN}$$

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

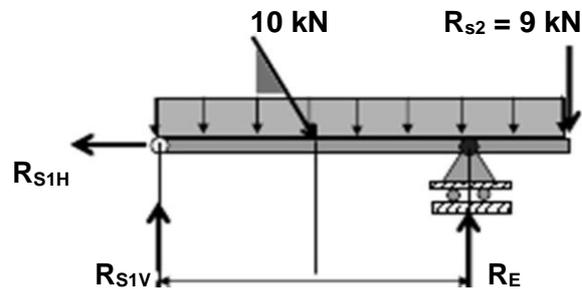
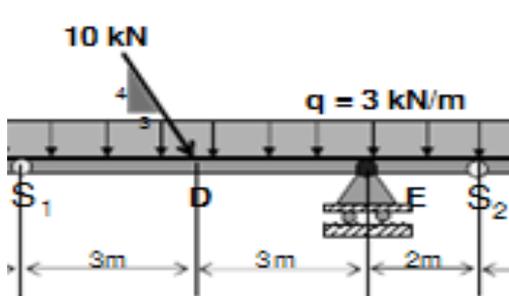
$$\text{➤ } \sum M_{S2} = 0 \rightarrow -R_G \cdot 4 \text{ m} + 6 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} + 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 0$$

$$R_G \cdot 4 \text{ m} = 36 \text{ kN.m}$$

$$R_G = \frac{36 \text{ kN.m}}{4 \text{ m}}$$

$$R_G = 9 \text{ kN}$$

### 2. Freebody S<sub>1</sub> – E – S<sub>2</sub> (balok yang menumpang/balok anak)



- Gaya (F) = 10 kN dalam posisi miring, sehingga harus dicari gaya sumbu X (horisontal) dan gaya sumbu Y (vertikal)

$$\blacksquare F_x = \frac{3}{5} \cdot F = \frac{3}{5} \cdot 10 \text{ kN} = 6 \text{ kN}$$

$$\blacksquare F_y = \frac{4}{5} \cdot F = \frac{4}{5} \cdot 10 \text{ kN} = 8 \text{ kN}$$

$$\text{➤ } \sum M_G = 0 \rightarrow R_{S1V} \cdot 6 \text{ m} - F_y \cdot 3 \text{ m} - q \cdot 6 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} + q \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} + R_{S2} \cdot 2 \text{ m} = 0$$

$$R_{S1V} \cdot 6 \text{ m} = F_y \cdot 3 \text{ m} + q \cdot 6 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} - q \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} - R_{S2} \cdot 2 \text{ m}$$

$$R_{S1V} \cdot 6 \text{ m} = 8 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m} + 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 6 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} - 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} - 9 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m}$$

$$R_{S1V} = \frac{54 \text{ kN.m}}{6 \text{ m}}$$

$$R_{S1V} = 9 \text{ kN}$$

$$\text{➤ } \sum M_{S1V} = 0 \rightarrow -R_E \cdot 6 \text{ m} + F_y \cdot 3 \text{ m} + q \cdot 6 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} + q \cdot 2 \text{ m} \cdot 7 \text{ m} + R_{S2} \cdot 8 \text{ m} = 0$$

$$R_E \cdot 6 \text{ m} = F_y \cdot 3 \text{ m} + q \cdot 6 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} + q \cdot 2 \text{ m} \cdot 7 \text{ m} + R_{S2} \cdot 8 \text{ m}$$

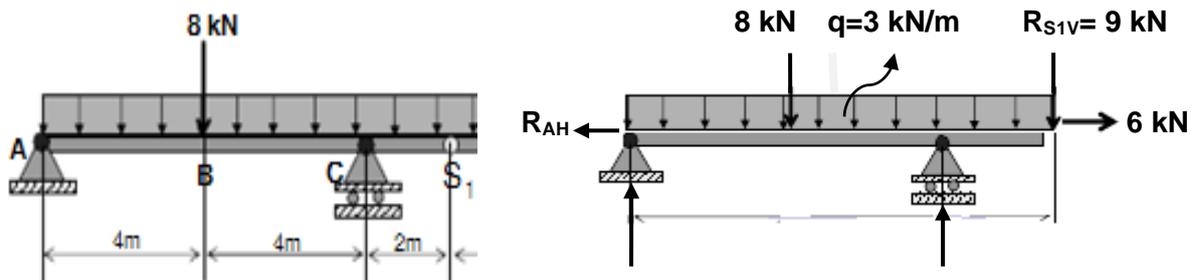
$$R_{S1V} \cdot 6m = 8 \text{ kN} \cdot 3m + 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 6m \cdot 3m + 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2m \cdot 7m - 9 \text{ kN} \cdot 8m$$

$$R_{S1V} = \frac{192 \text{ kN.m}}{6m}$$

$$R_{S1V} = 32 \text{ kN}$$

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Balok Sederhana dan Balok Majemuk/Gerber

### 3. Freebody A – C – S<sub>1</sub> (balok yang mendukung/ balok induk)



$$\text{➤ } \sum H = 0 \rightarrow R_{AH} + R_{S1H} = 0$$

$$R_{AH} = -R_{S1H}$$

$$R_{AH} = -6 \text{ kN} (\leftarrow)$$

$$\text{➤ } \sum M_C = 0 \rightarrow R_{AV} \cdot 8m - 8 \text{ kN} \cdot 4m - q \cdot 8m \cdot 4m + q \cdot 2m \cdot 1m + R_{S1V} \cdot 2m = 0$$

$$R_{AV} \cdot 8m = 8 \text{ kN} \cdot 4m + q \cdot 8m \cdot 4m - q \cdot 2m \cdot 1m - R_{S1V} \cdot 2m$$

$$R_{AV} \cdot 8m = 8 \text{ kN} \cdot 4m + 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 8m \cdot 4m - 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2m \cdot 1m - 9 \text{ kN} \cdot 2m$$

$$R_{AV} = \frac{104 \text{ kN.m}}{8m}$$

$$R_{AV} = 13 \text{ kN}$$

$$\text{➤ } \sum M_A = 0 \rightarrow -R_C \cdot 8m + 8 \text{ kN} \cdot 4m + q \cdot 8m \cdot 4m + q \cdot 2m \cdot 9m + R_{S1V} \cdot 10m = 0$$

$$R_C \cdot 8m = 8 \text{ kN} \cdot 4m + q \cdot 8m \cdot 4m + q \cdot 2m \cdot 9m + R_{S1V} \cdot 10m$$

$$R_C \cdot 8m = 8 \text{ kN} \cdot 4m + 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 8m \cdot 4m + 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2m \cdot 9m + 9 \text{ kN} \cdot 10m$$

$$R_C = \frac{272 \text{ kN.m}}{8m}$$

$$R_C = 34 \text{ kN}$$

➤ Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

$$\sum V = 0 \rightarrow R_{AV} - 8 \text{ kN} - q \cdot 8m + R_C - q \cdot 2m - R_{S1V} = 0$$

$$13 \text{ kN} - 8 \text{ kN} - 24 \text{ kN} + 34 \text{ kN} - 6 \text{ kN} - 9 \text{ kN} = 0$$

$$0 = 0 \text{ (memenuhi)}$$

## Daftar Pustaka

1. Thamrin Nasution, 2012, *Modul Kuliah Statika I*, Departemen Teknik Sipil, FTSP, ITMI, Medan
2. Wesli, 2010, *Mekanika Rekayasa*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
3. Elly Tjahjono, Sulistyoweni, 1999, *Modul Pembelajaran Mekanika Teknik I*, Universitas Indonesia, Jakarta.
4. Timoshenko, Young, D.H., 1992, *Mekanika Teknik Edisi ke-4*, Erlangga, Jakarta.
5. Djoko Sulistyono, 2012, *Analisa Struktur 1*, Jurusan Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta.

## MODUL PERKULIAHAN

# Statika

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

Fakultas

Fakultas  
Teknik

Program Studi

Teknik Sipil

Tatap Muka

04

Kode MK

Disusun Oleh

Program Studi Teknik Sipil

Program

### Abstract

Mata kuliah Statika berisi tentang materi mengenai cara-cara analisis struktur statis tertentu untuk menghitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam struktur balok sederhana, balok gerber/majemuk, portal pelengkung tiga sendi, dan rangka batang

### Kompetensi

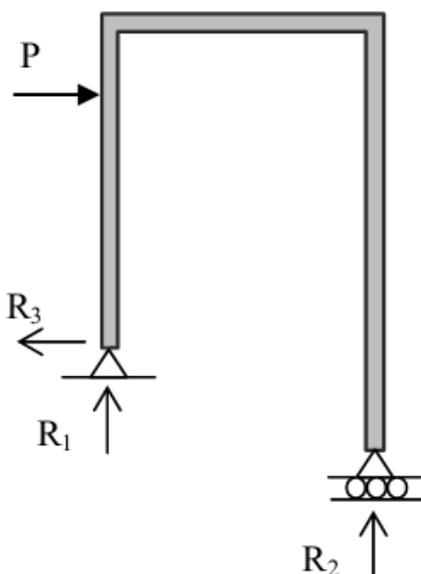
Mahasiswa dapat menganalisa struktur statis tertentu (balok, portal, dan rangka batang), dapat menghitung reaksi perletakan, menghitung dan membuat diagram gaya-gaya dalam, serta garis pengaruh untuk balok dan rangka batang.

# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

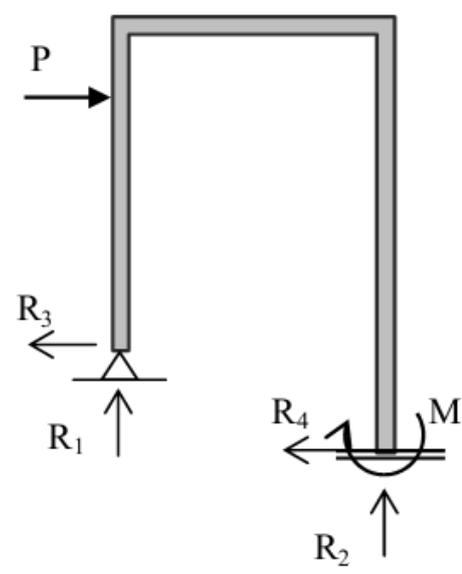
## A. PENGERTIAN PORTAL

Portal adalah bagian struktur dengan elemen yang berupa balok dan kolom baik miring ataupun tegak. Portal merupakan suatu struktur yang tersusun dari batang-batang yang dihubungkan dengan sambungan yang kaku (rigid joint).

Struktur portal pada gambar a adalah struktur statis tertentu dimana diselesaikan dengan tiga persamaan keseimbangan. Bila tumpuan rol pada gambar a diganti jepit, seperti pada gambar b maka struktur menjadi statis tak tentu.



Gambar (a)



Gambar (b)

## B. REAKSI PERLETAKAN BERBAGAI PORTAL SEDERHANA DENGAN BERBAGAI KOMBINASI BEBAN

Portal sederhana adalah struktur/bangunan sipil yang jumlah komponennya maksimum 3 buah dan terdiri atas satu buah portal, sehingga dengan menggunakan persyaratan persamaan keseimbangan, semua komponen yang ada dapat dihitung.

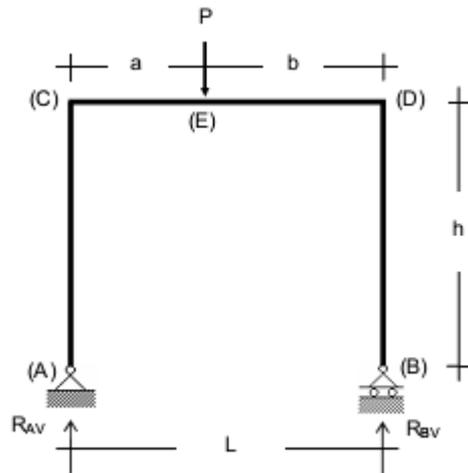
Pada portal sederhana ada 2 macam jenis portal yaitu : Portal simetris dan Portal tidak simetris/ asimetris. Struktur portal asimetris tidak mempunyai cerminan yang sama jika diberikan sumbu tengah yang membagi portal tersebut. Untuk menganalisis sebuah portal asimetris menggunakan ukuran model yang utuh sehingga membutuhkan ketelitian dan

# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

waktu yang agak lama penggunaan data yang lengkap pada tiap segmen portal dan proses analisis yang lebih panjang.

## 1. PORTAL SIMETRIS

### 1.a Memikul muatan/beban terpusat tunggal



Penyelesaian :

❖ Reaksi Perletakan :

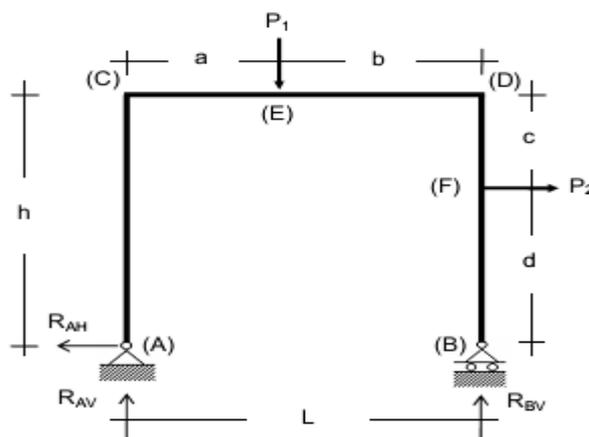
$$\begin{aligned} \bullet \sum M_B &= 0, \\ R_{AV} \cdot L - P \cdot b &= 0 \\ R_{AV} &= P \cdot b/L \text{ (ton)}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \sum M_A &= 0, \\ -R_{BV} \cdot L + P \cdot a &= 0 \\ R_{BV} &= P \cdot a/L \text{ (ton)}. \end{aligned}$$

❖ Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

$$\begin{aligned} \sum V &= 0, \\ R_{AV} + R_{BV} - P &= 0 \end{aligned}$$

### 1.b Memikul muatan/beban terpusat vertikal dan horisontal.



# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

Penyelesaian :

❖ Reaksi Perletakan :

$$\bullet \sum M_B = 0,$$

$$R_{AV} \cdot L - R_{AH} \cdot 0 - P_1 \cdot b + P_2 \cdot d = 0$$

$$R_{AV} = P_1 \cdot b/L - P_2 \cdot d/L \text{ (ton)}$$

$$\bullet \sum M_A = 0,$$

$$-R_{BV} \cdot L + P_1 \cdot a + P_2 \cdot d = 0$$

$$R_{BV} = P_1 \cdot a/L + P_2 \cdot d/L \text{ (ton)}$$

$$\bullet \sum H = 0,$$

$$-R_{AH} + P_2 = 0$$

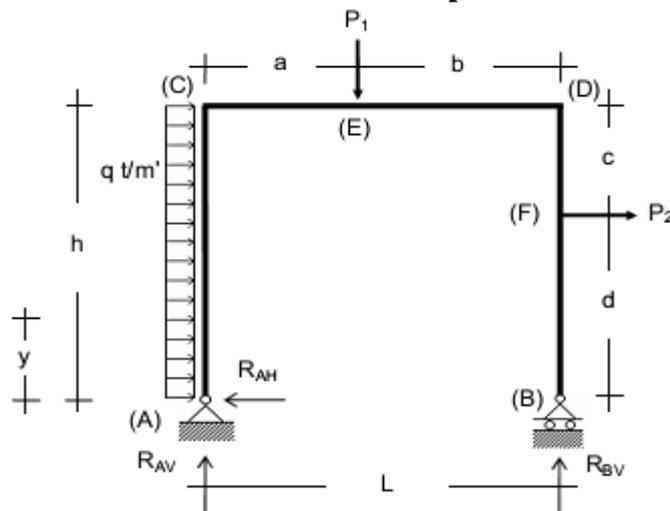
$$R_{AH} = P_2 \text{ (ton, kekiri).}$$

❖ Kontrol(pengecekan hasil perhitungan) :

$$\sum V = 0,$$

$$R_{AV} + R_{BV} - P_1 = 0$$

## 1.c Memikul muatan/beban campuran.



Penyelesaian :

❖ Reaksi Perletakan.

$$\bullet \sum M_B = 0$$

$$R_{AV} \cdot L - R_{AH} \cdot 0 + q \cdot h \cdot \frac{1}{2} h - P_1 \cdot b + P_2 \cdot d = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_{BV} \cdot L + P_1 \cdot a + P_2 \cdot d + q \cdot h \cdot \frac{1}{2} h = 0$$

$$R_{BV} = P_1 \cdot a/L + P_2 \cdot d/L + \frac{1}{2} q \cdot h^2/L$$

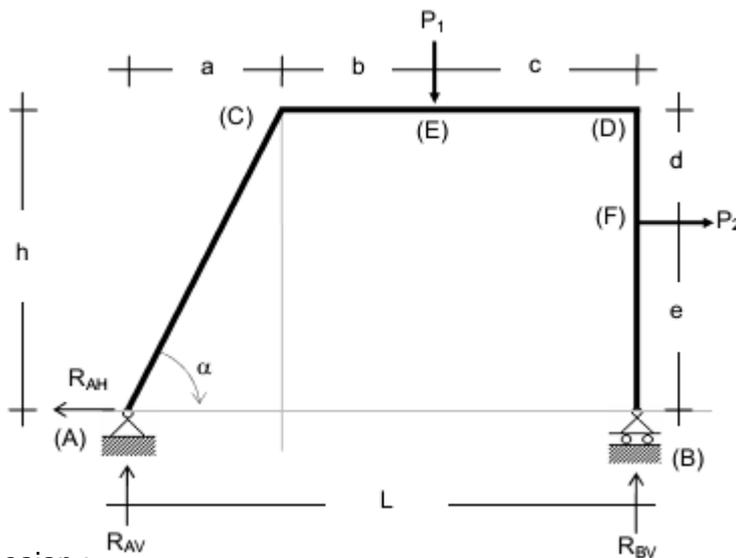
# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

- $\Sigma H=0$   
 $-R_{AH} + q \cdot h + P_2 = 0$

- ❖ Kontrol(pengecekan hasil perhitungan) :  
 $\Sigma V = 0,$   
 $R_{AV} + R_{BV} - P_1 = 0$

## 2. PORTAL ASIMETRIS

2.a Kolom miring sebelah, memikul muatan terpusat vertikal dan horisontal.



Penyelesaian :

- ❖ Reaksi Perletakan :

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_{AV} \cdot L - R_{AH} \cdot 0 - P_1 \cdot c + P_2 \cdot e = 0$$

$$R_{AV} = P_1 \cdot c/L - P_2 \cdot e/L$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_{BV} \cdot L + P_1 \cdot (a+b) + P_2 \cdot e = 0$$

$$R_{BV} = P_1 \cdot (a+b)/L + P_2 \cdot e/L$$

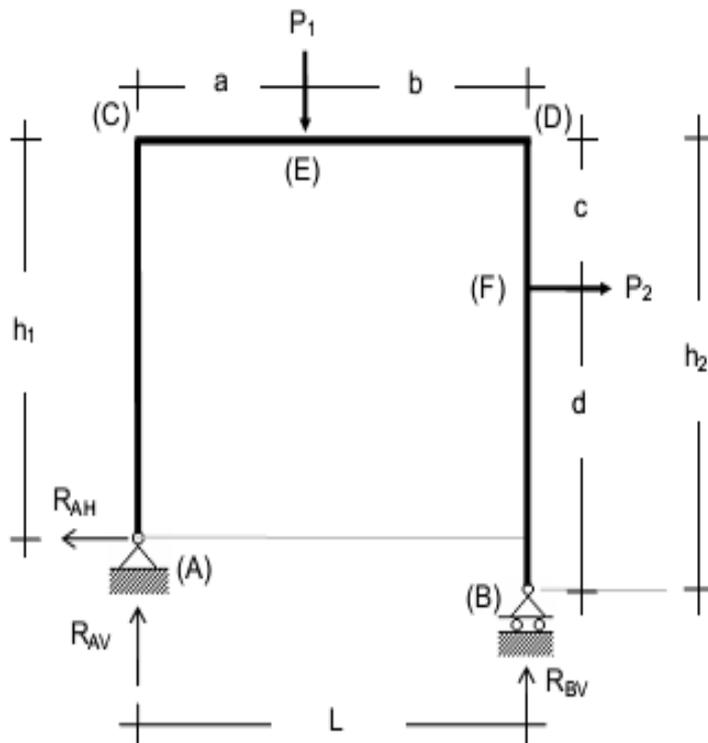
$$\Sigma H=0$$

$$-R_{AH} + P_2 = 0$$

- ❖ Kontrol(pengecekan hasil perhitungan) :  
 $\Sigma V = 0,$   
 $R_{AV} + R_{BV} - P_1 = 0$

# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

## 2.b Kolom tinggi sebelah, memikul muatan terpusat vertikal dan horisontal.



Penyelesaian :

❖ Reaksi Perletakan :

$$\begin{aligned} \Sigma M_B &= 0, \\ R_{AV} \cdot L - R_{AH} \cdot (h_2 - h_1) - P_1 \cdot b + P_2 \cdot d &= 0 \\ R_{AV} &= P_1 \cdot b/L + R_{AH} \cdot (h_2 - h_1)/L - P_2 \cdot d/L \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0, \\ -R_{BV} \cdot L + P_1 \cdot a + P_2 \cdot (h_1 - c) &= 0 \\ R_{BV} &= P_1 \cdot a/L + P_2 \cdot (h_1 - c)/L \end{aligned}$$

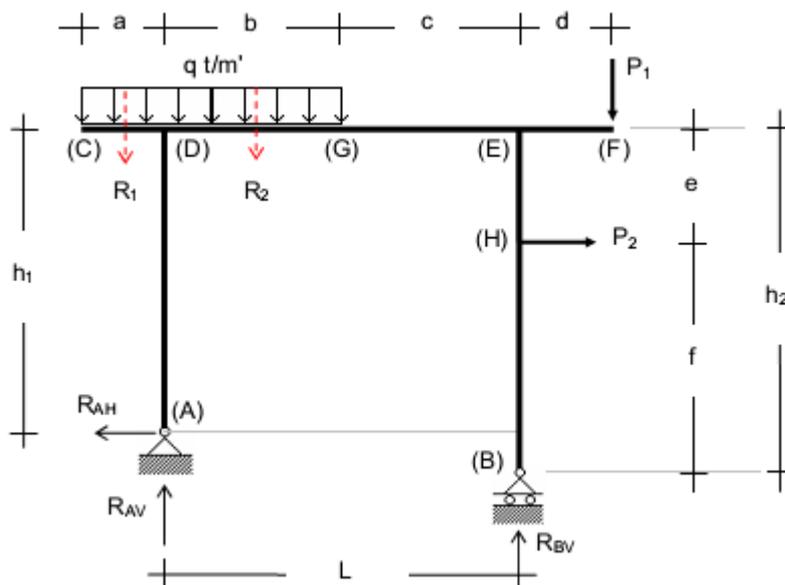
$$\begin{aligned} \Sigma H &= 0, \\ -R_{AH} + P_2 &= 0 \\ R_{AH} &= +P_2 \end{aligned}$$

❖ Kontrol(pengecekan hasil perhitungan) :

$$\begin{aligned} \Sigma V &= 0 \\ R_{AV} + R_{BV} - P_1 &= 0 \end{aligned}$$

# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

2.b Kolom tinggi sebelah, balok overhang, memikul muatan terbagi rata, terpusat vertikal dan horisontal.



Penyelesaian :

❖ Reaksi Perletakan :

✓  $R_1 = q \cdot a$

✓  $R_2 = q \cdot b$

$$\Sigma H=0, \quad -R_{AH} + P_2 = 0$$

$$\Sigma M_B=0$$

$$R_{AV} \cdot L - R_{AH} \cdot (h_2 - h_1) - R_1 \cdot (L + \frac{1}{2}a) - R_2 \cdot (L - \frac{1}{2}b) + P_1 \cdot d + P_2 \cdot f = 0$$

$$R_{AV} = R_{AH} \cdot (h_2 - h_1)/L + R_1 \cdot (L + \frac{1}{2}a)/L + R_2 \cdot (L - \frac{1}{2}b)/L - P_1 \cdot b/L - P_2 \cdot d/L$$

$$\Sigma M_A=0$$

$$-R_{BV} \cdot L + P_1 \cdot (L + d) + P_2 \cdot (h_1 - e) - R_1 \cdot \frac{1}{2}a + R_2 \cdot \frac{1}{2}b = 0$$

$$R_{BV} = P_1 \cdot (L + d)/L + P_2 \cdot (h_1 - e)/L - R_1 \cdot \frac{1}{2}a/L + R_2 \cdot \frac{1}{2}b/L$$

❖ Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

$$\Sigma V=0$$

$$R_{AV} + R_{BV} - R_1 - R_2 - P_1 = 0$$

# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

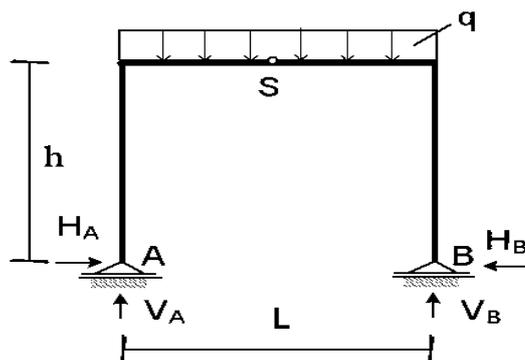
## C.REAKSI PERLETAKAN BERBAGAI PORTAL GERBER DENGAN BERBAGAI BENTUK DAN KOMBINASI BEBAN

Pada portal gerber atau portal majemuk, struktur portal yang ada lebih banyak merupakan struktur portal statis tak tentu, yaitu jumlah komponen reaksi lebih dari 3. 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.

Untuk memperoleh jumlah persamaan sama dengan jumlah reaksi, ditambahkan sendi tambahan pada portal diantara 2 tumpuan. Syarat utama bahwa sendi tambahan tersebut tidak terjadi momen atau ( $M_s = 0$ ). Dengan demikian diperoleh satu persamaan tambahan untuk menyelesaikan 4 buah reaksi.

### 1. PORTAL SIMETRIS

#### a. Portal 3 sendi, sama kaki memikul muatan/beban merata



Penyelesaian :

❖ Reaksi Perletakan :

$$\triangleright \sum M_A = 0$$

$$-R_{VB} \cdot L + q \cdot L \cdot \frac{1}{2}L = 0$$

$$R_{VB} \cdot L = q \cdot L \cdot \frac{1}{2}L$$

$$R_{VB} = q \cdot L \cdot \frac{1}{2}L / L$$

# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

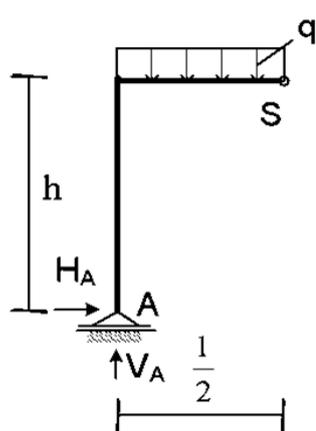
➤  $\sum M_B = 0$

$$R_{VA} \cdot L - q \cdot L \cdot \frac{1}{2}L = 0$$

$$R_{VA} \cdot L = q \cdot L \cdot \frac{1}{2}L$$

$$R_{VA} = q \cdot L \cdot \frac{1}{2}L / L$$

➤ Freebody kiri



$\sum M_s = 0$

$$R_{VA} \cdot \frac{1}{2}L - q \cdot \frac{1}{2}L \cdot \frac{1}{4}L - R_{HA} \cdot h = 0$$

$$R_{VA} \cdot \frac{1}{2}L - q \cdot \frac{1}{8}L^2 - R_{HA} \cdot h = 0$$

$$R_{VA} \cdot \frac{1}{2}L = q \cdot \frac{1}{8}L^2 + R_{HA} \cdot h$$

$$R_{VA} = \frac{q \cdot \frac{1}{8}L^2 + R_{HA} \cdot h}{\frac{1}{2}L}$$

➤ Freebody kanan

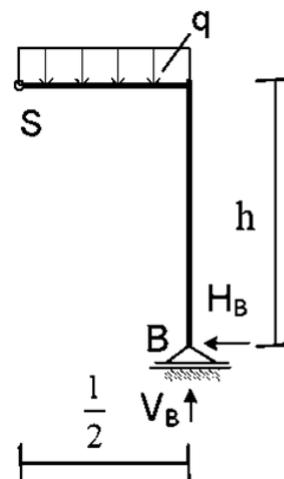
$\sum M_s = 0$

$$-R_{VB} \cdot \frac{1}{2}L + q \cdot \frac{1}{2}L \cdot \frac{1}{4}L + R_{HB} \cdot h = 0$$

$$-R_{VB} \cdot \frac{1}{2}L + q \cdot \frac{1}{8}L^2 + R_{HB} \cdot h = 0$$

$$R_{VB} \cdot \frac{1}{2}L = q \cdot \frac{1}{8}L^2 + R_{HB} \cdot h$$

$$R_{VA} = \frac{q \cdot \frac{1}{8}L^2 + R_{HB} \cdot h}{\frac{1}{2}L}$$



➤ Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

a)  $\sum V = 0$

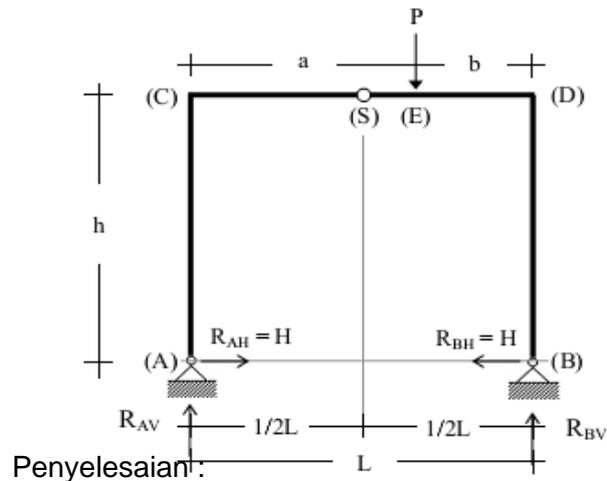
$$R_{VA} + R_{VB} - Q = 0$$

b)  $\sum H = 0$

$$R_{HA} - R_{HB} = 0$$

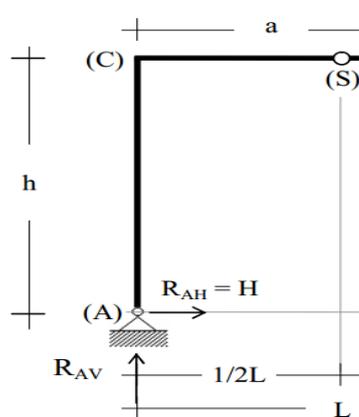
# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

## b. Portal 3 sendi, sama kaki memikul muatan/beban terpusat tunggal



### ❖ Reaksi Perletakan :

- $\sum M_B = 0,$   
 $R_{AV} \cdot L - P \cdot b = 0$   
 $R_{AV} = P \cdot b/L$
- $\sum M_A = 0,$   
 $-R_{BV} \cdot L + P \cdot a = 0$   
 $R_{BV} = P \cdot a/L$
- Freebody kiri



$$\sum M_s = 0$$

$$R_{AV} \cdot \frac{1}{2}L - R_{AH} \cdot h = 0$$

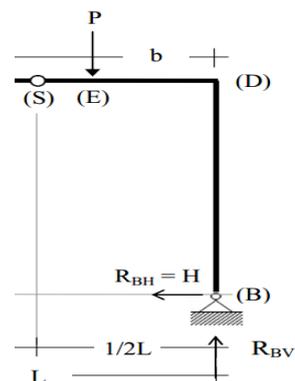
$$R_{AH} \cdot h = R_{AV} \cdot \frac{1}{2}L$$

$$R_{AH} = \frac{P \cdot b}{L} \cdot \frac{1}{2}L$$

### ➤ Freebody kanan

$$\sum M_s = 0$$

$$-R_{BV} \cdot \frac{1}{2}L + P \cdot \left(\frac{1}{2}L - b\right) + R_{BH} \cdot h = 0$$



# Daftar Pustaka

1. Thamrin Nasution, 2012, *Modul Kuliah Statika I*, Departemen Teknik Sipil, FTSP, ITMI, Medan
2. Wesli, 2010, *Mekanika Rekayasa*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
3. Agustinus Purna Irawan, 2007, *Diktat Kuliah Statika Struktur*, Universitas Tarumanagara, Jakarta.
4. Timoshenko, Young, D.H., 1992, *Mekanika Teknik Edisi ke-4*, Erlangga, Jakarta.

## MODUL PERKULIAHAN

# Statika

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

Fakultas

Fakultas  
Teknik

Program Studi

Teknik Sipil

Tatap Muka

**05**

Kode MK

Disusun Oleh

Program Studi Teknik Sipil

### Abstract

Mata kuliah Statika berisi tentang materi mengenai cara-cara analisis struktur statis tertentu untuk menghitung reaksi-reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam struktur balok sederhana, balok gerber/majemuk, portal pelengkung tiga sendi, dan rangka batang

### Kompetensi

Mahasiswa dapat menganalisa struktur statis tertentu (balok, portal, dan rangka batang), dapat menghitung reaksi perletakan, menghitung dan membuat diagram gaya-gaya dalam, serta garis pengaruh untuk balok dan rangka batang.

# Reaksi

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

$$R_{BH} \cdot h = R_{BV} \cdot \frac{1}{2}L - P \cdot \left(\frac{1}{2}L - b\right)$$

$$R_{BH} = \frac{R_{BV} \cdot \frac{1}{2}L - P \cdot \left(\frac{1}{2}L - b\right)}{h}$$

$$R_{BH} = \frac{\frac{P \cdot a}{L} \cdot \frac{1}{2}L - P \cdot \left(\frac{1}{2}L - b\right)}{h}$$

$$R_{BH} = \frac{\frac{P \cdot a}{2} - P \cdot \left(\frac{1}{2}L - b\right)}{h}$$

➤ Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

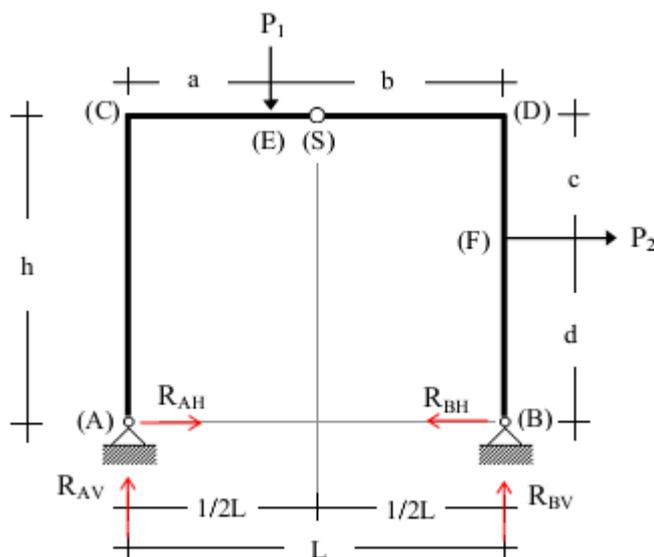
a)  $\sum V = 0$

$$R_{AV} + R_{BV} - P = 0$$

b)  $\sum H = 0$

$$R_{AH} - R_{BH} = 0$$

a. Portal 3 sendi, sama kaki memikul muatan/beban terpusat vertikal dan horisontal



Penyelesaian :

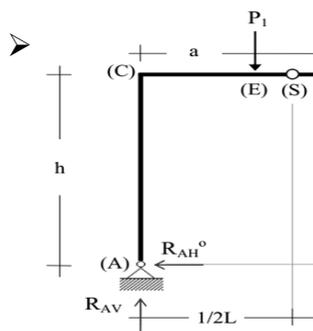
❖ Reaksi Perletakan

$\Sigma M_B = 0,$   
 $R_{AV} \cdot L - P_1 \cdot b + P_2 \cdot d = 0$   
 $R_{AV} = P_1 \cdot b/L - P_2 \cdot d/L$

# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

$\Sigma M_A = 0,$   
 $-R_{BV} \cdot L + P_1 \cdot a + P_2 \cdot d = 0$   
 $R_{BV} = P_1 \cdot a/L + P_2 \cdot d/L$

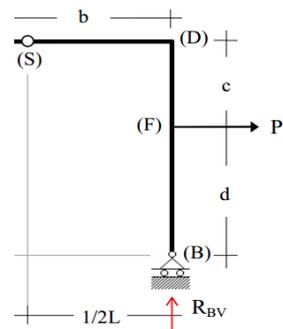
Freebody kiri



$\Sigma M_S = 0$   
 $R_{AV} \cdot \frac{1}{2} L - R_{AH} \cdot h - P_1 \cdot (\frac{1}{2} L - a) = 0$   
 $R_{AH} = R_{AV} \cdot \frac{1}{2} L/h - P_1 \cdot (\frac{1}{2} L - a)/h$

Freebody kanan

$\Sigma M_S = 0,$   
 $-R_{BV} \cdot \frac{1}{2} L + R_{BH} \cdot h - P_2 \cdot c = 0$   
 $R_{BH} = R_{BV} \cdot \frac{1}{2} L/h + P_2 \cdot c/h$

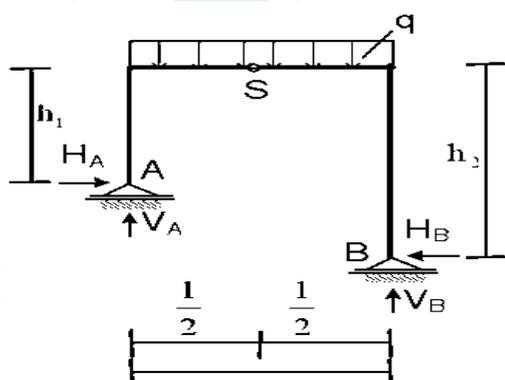


Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

a)  $\Sigma V = 0$   
 $R_{AV} + R_{BV} - P_1 = 0$   
 b)  $\Sigma H = 0$   
 $R_{AH} - R_{BH} + P_2 = 0$

## 1. PORTAL ASIMETRIS

a. Portal 3 sendi, tidak sama kaki memikul muatan/beban merata





# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

Penyelesaian :

❖ Reaksi Perletakan :

➤  $\sum M_A = 0$

$$-R_{VB} \cdot 4m - R_{HB} \cdot 4m + Q \cdot 2m + P_1 \cdot 4m - P_2 \cdot 4m = 0$$

$$-R_{VB} \cdot 4m - R_{HB} \cdot 4m + 8 \text{ ton} \cdot 2m + 4 \text{ ton} \cdot 4m - 4 \text{ ton} \cdot 4m = 0$$

$$-R_{VB} \cdot 4m - R_{HB} \cdot 4m + 16 \text{ ton} \cdot m + 16 \text{ ton} \cdot m - 16 \text{ ton} \cdot m = 0$$

$$-R_{VB} \cdot 4m - R_{HB} \cdot 4m = -16 \text{ ton} \cdot m$$

$$R_{VB} \cdot 4m + R_{HB} \cdot 4m = 16 \text{ ton} \cdot m$$

(Agar mempermudah perhitungan, satuan tidak digunakan terlebih dahulu)

$$4R_{VB} + 4R_{HB} = 16$$

$$R_{VB} + R_{HB} = 4 \text{ .....(Persamaan 1)}$$

➤  $\sum M_B = 0$

$$R_{VA} \cdot 4m + R_{HA} \cdot 4m - Q \cdot 2m - P_2 \cdot 8m = 0$$

$$R_{VA} \cdot 4m + R_{HA} \cdot 4m - 8 \text{ ton} \cdot 2m - 4 \text{ ton} \cdot 8m = 0$$

$$R_{VA} \cdot 4m + R_{HA} \cdot 4m - 16 \text{ ton} \cdot m - 32 \text{ ton} \cdot m = 0$$

$$R_{VA} \cdot 4m + R_{HA} \cdot 4m - 48 \text{ ton} \cdot m = 0$$

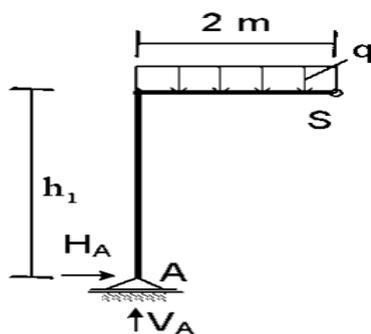
$$R_{VA} \cdot 4m + R_{HA} \cdot 4m = 48 \text{ ton} \cdot m$$

(Agar mempermudah perhitungan, satuan tidak digunakan terlebih dahulu)

$$4R_{VA} + 4R_{HA} = 48$$

$$R_{VA} + R_{HA} = 12 \text{ .....(Persamaan 2)}$$

➤ Freebody kiri



$\sum M_S = 0$

$$R_{VA} \cdot 2m - R_{HA} \cdot 4m - Q \cdot 1m = 0$$

$$R_{VA} \cdot 2m - R_{HA} \cdot 4m - 4 \text{ ton} \cdot 1m = 0$$

$$R_{VA} \cdot 2m - R_{HA} \cdot 4m = 4 \text{ ton} \cdot m$$

$$2R_{VA} - 4R_{HA} = 4$$

$$R_{VA} - 2R_{HA} = 2 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3})$$

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

- Freebody kanan

$$\sum M_S = 0$$

$$-R_{VB} \cdot 2m - R_{HB} \cdot 8m + Q \cdot 1m + P_1 \cdot 2m = 0$$

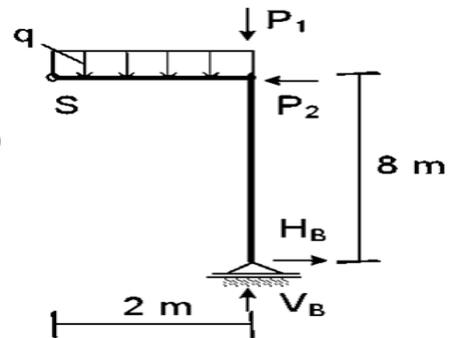
$$-R_{VB} \cdot 2m - R_{HB} \cdot 8m + 4 \text{ ton} \cdot 1m + 4 \text{ ton} \cdot 2m = 0$$

$$-R_{VB} \cdot 2m - R_{HB} \cdot 8m + 4 \text{ ton} \cdot m + 8 \text{ ton} \cdot m = 0$$

$$-R_{VB} \cdot 2m - R_{HB} \cdot 8m + 12 \text{ ton} \cdot m = 0$$

$$2R_{VB} + 8R_{HB} = 12$$

$$R_{VB} + 4R_{HB} = 6 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 4})$$



- Eliminasi persamaan (1) dan persamaan (4)

$$R_{VB} + R_{HB} = 4 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 1})$$

$$R_{VB} + 4R_{HB} = 6 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 4})$$

\_\_\_\_\_ -

$$- 3R_{HB} = -2$$

$$R_{HB} = \frac{2}{3} \text{ ton}$$

- Substitusi  $R_{HB} = \frac{2}{3}$  ke persamaan (1)

$$R_{VB} + \frac{2}{3} = 4 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 1})$$

$$R_{VB} = 4 - \frac{2}{3}$$

$$R_{VB} = \frac{12-2}{3}$$

$$R_{VB} = \frac{10}{3} \text{ ton}$$

- Eliminasi persamaan (2) dan persamaan (3)

$$R_{VA} + R_{HA} = 12 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2})$$

$$R_{VA} - 2R_{HA} = 2 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3})$$

\_\_\_\_\_ -

$$3R_{HA} = 10$$

$$R_{HA} = \frac{10}{3} \text{ ton}$$

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

➤ Substitusi  $R_{HA} = \frac{10}{3}$  kN ke persamaan (2)

$$R_{VA} + \frac{10}{3} = 12 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2})$$

$$R_{VA} = 12 - \frac{10}{3}$$

$$R_{VA} = \frac{36-10}{3}$$

$$R_{VA} = \frac{26}{3} \text{ ton}$$

➤ Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

a)  $\sum V = 0$

$$R_{VA} + R_{VB} - Q - P_1 = 0$$

$$\frac{26}{3} + \frac{10}{3} - 8 - 4 = 0$$

$$\frac{36}{3} - 12 = 0$$

$$12 - 12 = 0$$

$$0 = 0 \text{ (memenuhi)}$$

b)  $\sum H = 0$

$$R_{HA} + R_{HB} - P_2 = 0$$

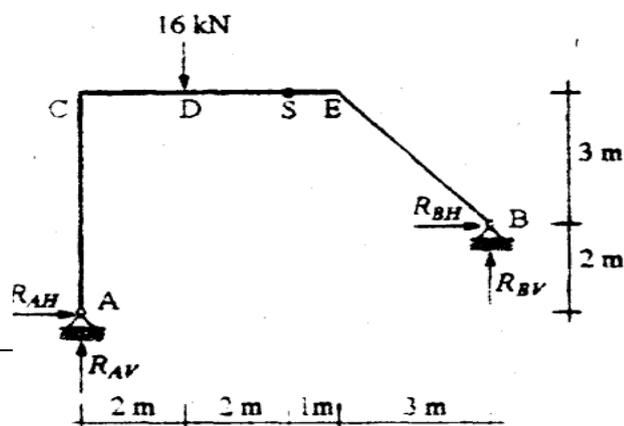
$$\frac{10}{3} + \frac{2}{3} - 4 = 0$$

$$\frac{12}{3} - 4 = 0$$

$$4 - 4 = 0$$

$$0 = 0 \text{ (memenuhi)}$$

**b. Portal 3 sendi, kolom miring sebelah, memikul muatan terpusat vertikal dan horisontal.**



# Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

Penyelesaian :

❖ Reaksi Perletakan :

➤  $\sum M_A = 0$

$$P_1 \cdot 2m + R_{BH} \cdot 2m - R_{BV} \cdot 8m = 0$$

$$16 \text{ kN} \cdot 2m + R_{BH} \cdot 2m - R_{BV} \cdot 8m = 0$$

$$32 \text{ kN} \cdot m + R_{BH} \cdot 2m - R_{BV} \cdot 8m = 0$$

$$R_{BH} \cdot 2m - R_{BV} \cdot 8m = -32 \text{ kN} \cdot m$$

(Agar mempermudah perhitungan, satuan tidak digunakan terlebih dahulu)

$$2R_{BH} - 8R_{BV} = -32 \dots\dots\dots (\text{Persamaan 1})$$

➤  $\sum M_B = 0$

$$R_{AV} \cdot 8m - R_{AH} \cdot 2m - P_1 \cdot 6m = 0$$

$$R_{AV} \cdot 8m - R_{AH} \cdot 2m - 16 \text{ kN} \cdot 6m = 0$$

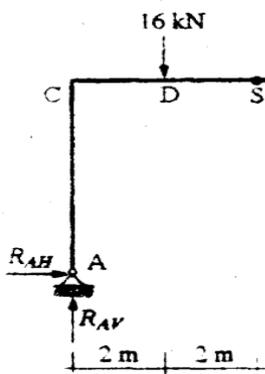
$$R_{AV} \cdot 8m - R_{AH} \cdot 2m - 96 \text{ kN} \cdot m = 0$$

$$R_{AV} \cdot 8m - R_{AH} \cdot 2m = 96 \text{ kN} \cdot m$$

(Agar mempermudah perhitungan, satuan tidak digunakan terlebih dahulu)

$$8R_{AV} - 2R_{AH} = 96 \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2})$$

➤ Freebody kiri



$$\sum M_S = 0$$

$$R_{AV} \cdot 4m - R_{HA} \cdot 5m - P_1 \cdot 2m = 0$$

$$R_{AV} \cdot 4m - R_{HA} \cdot 5m - 16 \text{ kN} \cdot 2m = 0$$

$$R_{AV} \cdot 4m - R_{HA} \cdot 5m - 32 \text{ kN} \cdot m = 0$$

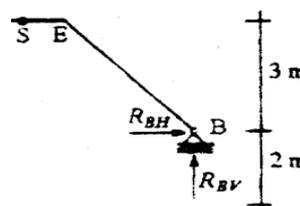
$$R_{AV} \cdot 4m - R_{HA} \cdot 5m = 32 \text{ kN} \cdot m$$

$$4R_{AV} - 5R_{HA} = 32 \dots\dots\dots (\text{Persamaan 3})$$

➤ Freebody kanan

$$\sum M_S = 0$$

$$-R_{BV} \cdot 4m - R_{BH} \cdot 3m = 0$$



$$-4R_{VB} - 3R_{BH} = 0 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 4})$$

## Reaksi Perletakan Struktur Statis Tertentu : Portal Sederhana dan Portal Majemuk/Gerber

- Eliminasi persamaan (1) dan persamaan (4)

$$\begin{array}{r|l|l} 2R_{BH} - 8R_{BV} = -32 & \times 1 & 2R_{BH} - 8R_{BV} = -32 \\ -3R_{BH} - 4R_{VB} = 0 & \times 2 & -6R_{BH} - 8R_{VB} = 0 \\ \hline & & 8R_{BH} = -32 \\ & & R_{BH} = -4 \text{ kN} \end{array}$$

- Substitusi  $R_{BH} = 4 \text{ kN}$  ke persamaan (1)

$$\begin{aligned} 2R_{BH} - 8R_{BV} &= -32 \\ 2 \cdot -4 - 8R_{BV} &= -32 \\ -8 - 8R_{BV} &= -32 \\ R_{VB} &= 3 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Eliminasi persamaan (2) dan persamaan (3)

$$\begin{array}{r|l|l} 8R_{AV} - 2R_{AH} = 96 & \times 1 & 8R_{AV} - 2R_{AH} = 96 \\ 4R_{AV} - 5R_{HA} = 32 & \times 2 & 8R_{AV} - 10R_{HA} = 64 \\ \hline & & 8R_{AH} = 32 \\ & & R_{AH} = 4 \text{ kN} \end{array}$$

- Substitusi  $R_{AH} = 4 \text{ kN}$  ke persamaan (2)

$$\begin{aligned} 8R_{AV} - 2R_{AH} &= 96 \\ 8R_{AV} - 2 \cdot 4 &= 96 \\ 8R_{AV} - 8 &= 96 \\ R_{AV} &= 13 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kontrol (pengecekan hasil perhitungan) :

|   |  |
|---|--|
| <p>a) <math>\sum V = 0</math></p> $R_{AV} + R_{BV} - P_1 = 0$ $13 + 3 - 16 = 0$ | <p>b. <math>\sum H = 0</math></p> $R_{AH} + R_{BH} = 0$ $4 + (-4) = 0$ |
|---|--|

0 = 0 (memenuhi)

0 = 0 (memenuhi)

## Daftar Pustaka

1. Thamrin Nasution, 2012, *Modul Kuliah Statika I*, Departemen Teknik Sipil, FTSP, ITMI, Medan
2. Wesli, 2010, *Mekanika Rekayasa*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
3. Agustinus Purna Irawan, 2007, *Diktat Kuliah Statika Struktur*, Universitas Tarumanagara, Jakarta.
4. Timoshenko, Young, D.H., 1992, *Mekanika Teknik Edisi ke-4*, Erlangga, Jakarta.