

# MODUL PEMBELAJARAN



## MEKANIKA TEKNIK 02

Oleh:  
**Faqih Ma'arif, M.Eng.**  
**faqih\_maarif07@uny.ac.id**  
**+62856 433 95 446**

**JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**  
**TAHUN 2012**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah S.W.T. karena berkat Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Modul Mekanika Teknik 02 ini. Dalam penyusunannya, Penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY terutama Bapak dan Ibu Dosen, serta mahasiswa yang terlibat dalam penulisan ini.
2. Berbagai pihak yang belum tersebut di sini

Dengan menyadari bahwa “Tiada gading yang tak retak”, maka Penulis mengharapkan saran dan kritikan yang membangun guna penyempurnaan Modul ini.

Akhirnya penulis berharap semoga Modul ini memberikan manfaat bagi kita semua. Amin

Yogyakarta, Desember 2012

Penulis

## **DAFTAR ISI**

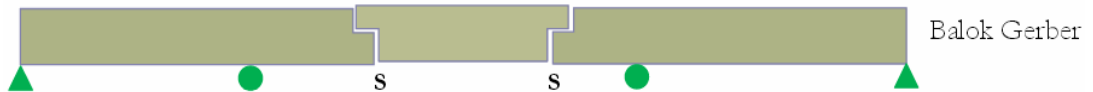
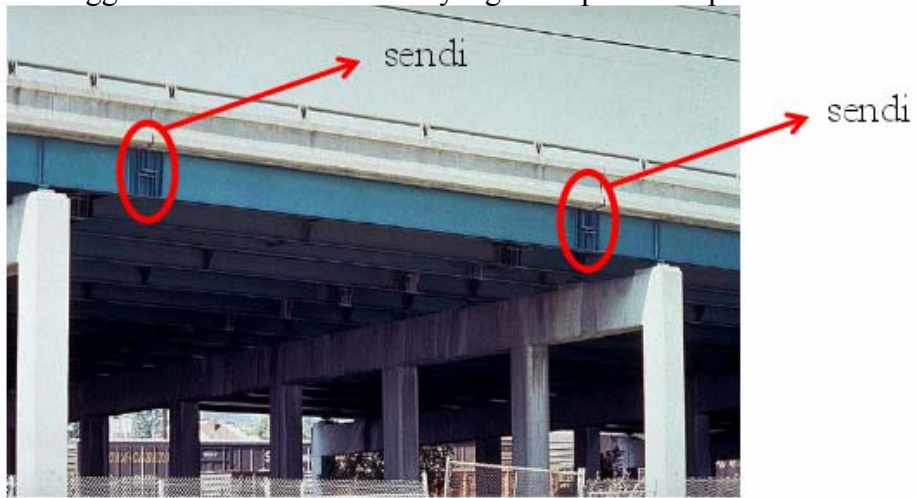
<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iii</b>
BAB I KONSTRUKSI BALOK GERBER DENGAN BEBAN TERPUSAT	4
BAB II KONSTRUKSI PELENGKUNG TIGA SENDI	17
BAB III KPTS DIGABUNGKAN DENGAN BALOK GERBER	39
BAB IV KONSTRUKSI RANGKA BATANG	46
A. PENGERTIAN	46
B. METODE KESEIMBANGAN TITIK BUHUL	52
C. METODE CREMONA	57
D. METODE POTONGAN	59
E. METODE RITTER DAN CULMANN	65
F. METODE HENNEBERG	68
G. DEFLEKSI PADA RANGKA BATANG	71
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>75</b>

# BAB I

## KONSTRUKSI BALOK GERBER DENGAN BEBAN TERPUSAT

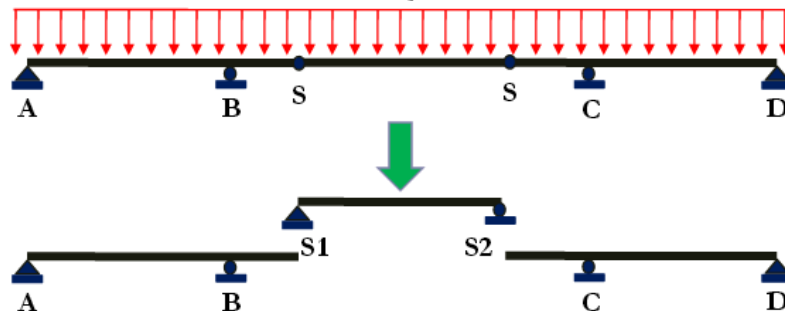
### A. PENGERTIAN

Untuk membuat sebuah jembatan dengan bentang tengah yang besar, kita dapat menggunakan kombinasi balok yang lebih pendek seperti berikut



Gambar 1. Struktur Balok Gerber

Balok gerber adalah suatu konstruksi balok jembatan yang mempunyai jumlah reaksi perletakan  $> 3$  buah, namun masih bias diselesaikan dengan syarat – syarat keseimbangan



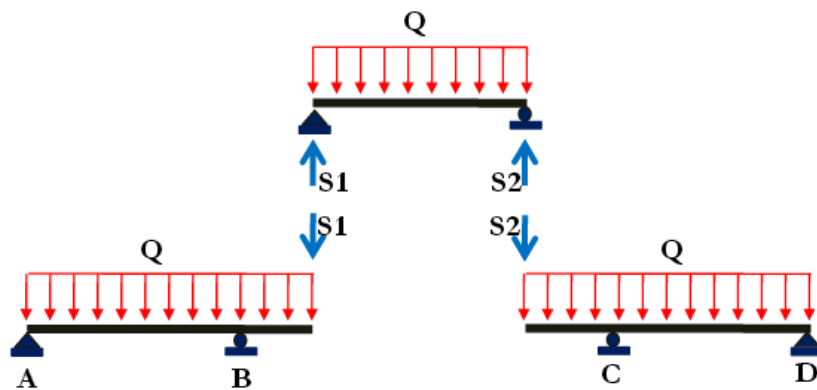
Sistem pada gambar diatas adalah statis tertentu, karena reaksi reaksi perletakan dapat dicari dengan syarat keseimbangan

**Penyelesaian :**

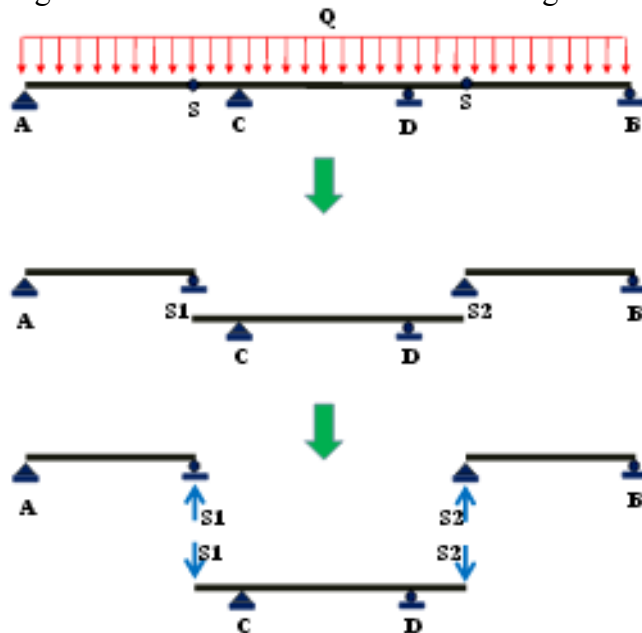
Langkah 1 : Balok tengah diselesaikan, didapat S1 dan S2

Langkah 2: Reaksi S1 dan S2 sebagai beban pada kantilever pada balok sisi kiri dan kanan

Langkah 3 : balok-balok di sebelah sisi diselesaikan



Gambar balok gerber dibawah bisa kita selesaikan dengan beberapa langkah:



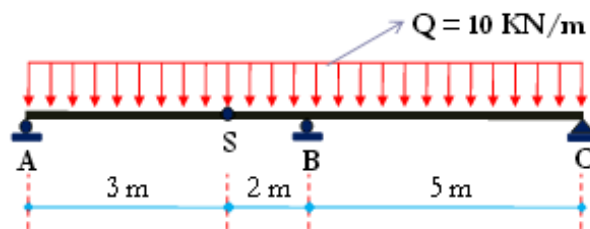
Langkah 1 : menyelesaikan balok kiri dan balok kanan dengan persamaan kesetimbangan

Langkah 2 : Reaksi S1 dan S2 menjadi beban dibalok tengah nya

Langkah 3 : balok tengah bisa kita selesaikan

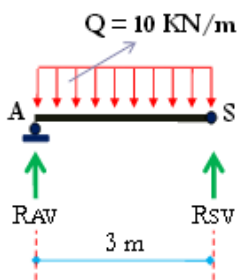
**Soal 1 : Balok Gerber**

Diketahui balok gerber seperti pada gambar dibawah. Hitunglah reaksi tumpuan, gambarkan Free Body Diagram (FBD), Shearing Force Diagram (SFD), Bending Momen Diagram (BMD) dan Normal Forced Diagram (NFD)



**Penyelesaian:**

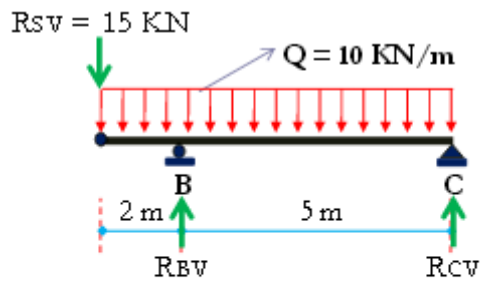
Langkah pertama adalah menyelesaikan memisahkan struktur balok tersebut, dan menyelesaikan balok A-S. Reaksi di S akan menjadi beban di batang S-B-C sehingga batang tersebut dapat diselesaikan dengan persamaan keseimbangan.



$$\begin{aligned} \Sigma M_S &= 0 \\ R_{AV} \cdot 3 - 10 \cdot 3 \cdot 1,5 &= 0 \\ 3 \cdot R_{AV} &= 45 \\ R_{AV} &= 15 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0 \\ R_{SV} \cdot 3 - 10 \cdot 3 \cdot 1,5 &= 0 \\ 3 \cdot R_{SV} &= 45 \\ R_{SV} &= 15 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma V &= 0 \\ 10 \cdot 3 - R_{AV} - R_{SV} &= 0 \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$



Free Body Diagram (FBD)

$$\Sigma MC = 0$$

$$RBV \cdot 5 - 10 \cdot 7.3,5 - 15 \cdot 7 = 0$$

$$5 \cdot RBV = 350$$

$$RBV = 70 \text{ kN}$$

$$\Sigma MB = 0$$

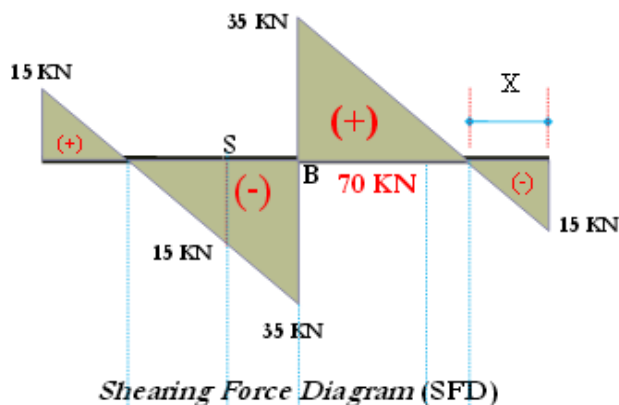
$$-Rcv \cdot 5 + 10 \cdot 5 \cdot 2,5 - 10 \cdot 2 \cdot 1 - 15 \cdot 2 = 0$$

$$-5 \cdot Rcv = -75$$

$$Rcv = 15 \text{ kN}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$10 \cdot 7 + 15 - RBV - Rcv = 0 \rightarrow \text{Ok}$$



Shearing Force Diagram (SFD)

$$\frac{35}{15} = \frac{-x}{x}$$

$$x = 1,5 \text{ m}$$

SFD

$$SF_S = 15 - (10 \cdot 3) = -15 \text{ kN}$$

$$SF_{B_{ka}} = 15 - (10 \cdot 5) = -35 \text{ kN}$$

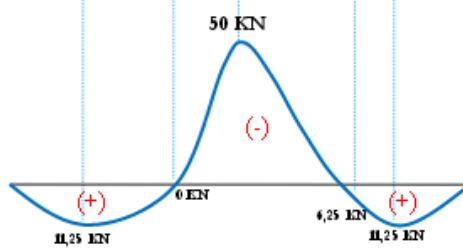
$$SF_{B_{ka}} = -35 + 70 = 35 \text{ kN}$$

$$SF_C = Rcv = 15$$

NFD → Tidak ada !!!!!

Shearing Force Diagram (SFD)

NFD → Tidak ada !!!!!



Bending Momen Diagram (BMD)

BMD

$$x=0 \rightarrow M = 0 \text{ kNm}$$

$$x=1,5 \rightarrow M = RAV1,5 - 10 \cdot 1,5 \cdot 0,75 = 11,25 \text{ kNm}$$

$$x=3 \rightarrow M = RAV3 - 10 \cdot 3 \cdot 1,5 = 0 \text{ kNm}$$

$$x=5 \rightarrow M = RAV5 - 10 \cdot 5 \cdot 2,5 = -50 \text{ kNm}$$

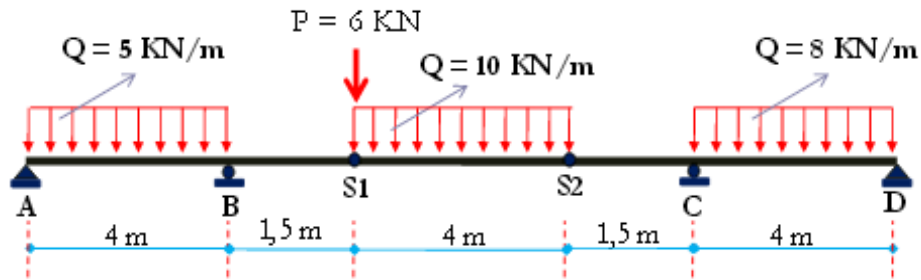
$$x=7,5 \rightarrow M = RAV7,5 - 10 \cdot 7,5 \cdot 3,75 + RBV2,5 = 6,25 \text{ kNm}$$

$$x=8,5 \rightarrow M = RAV8,5 - 10 \cdot 8,5 \cdot 4,25 + RBV3,5 = 11,25 \text{ kNm}$$

$$x=10 \rightarrow M = 0 \text{ kNm}$$

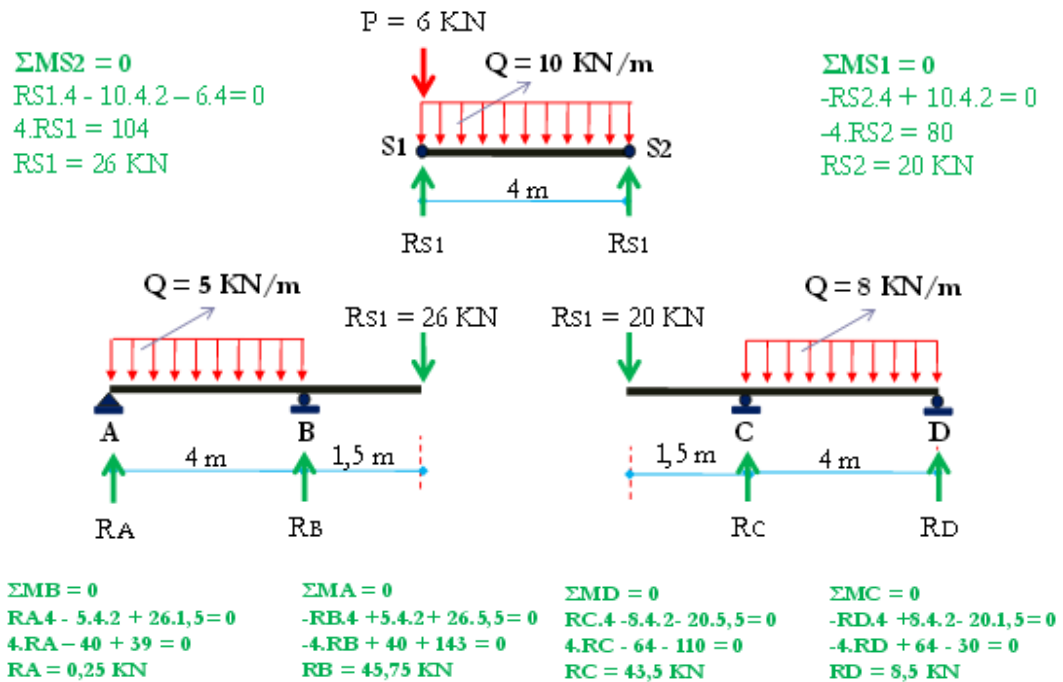
**Soal 2 : Balok Gerber**

Diketahui balok gerber seperti pada gambar dibawah. Hitunglah reaksi tumpuan, gambarkan Free Body Diagram (FBD), Shearing Force Diagram (SFD), Bending Momen Diagram (BMD) dan Normal Forced Diagram (NFD)

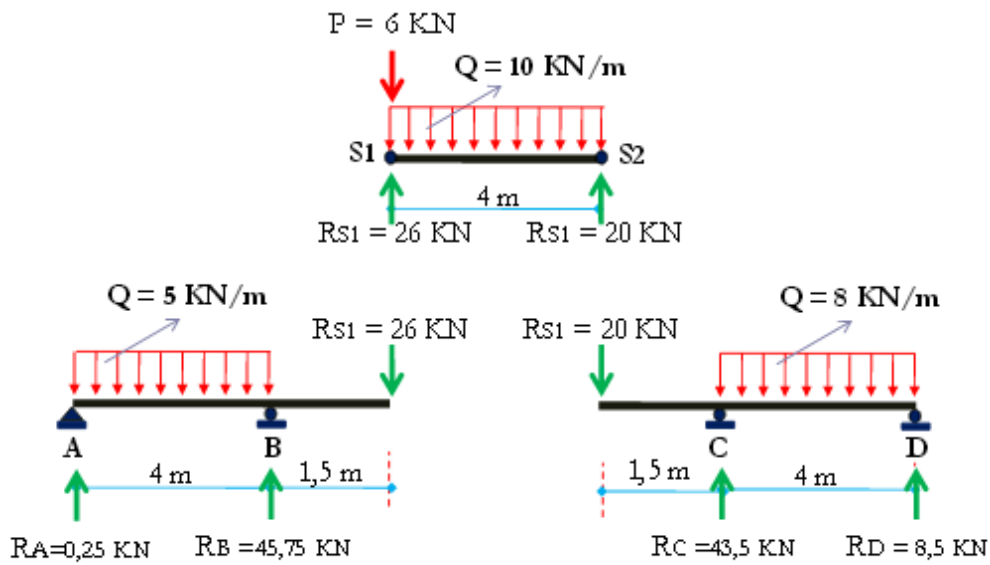


**Penyelesaian:**

Langkah pertama adalah menyelesaikan memisahkan struktur balok tersebut, dan Menyelesaikan balok S1-S2. Reaksi di S1 akan menjadi beban di batang A-B-S1 dan reaksi S2 akan menjadi beban dibatang S2-C-D sehingga batang tersebut dapat diselesaikan dengan persamaan keseimbangan





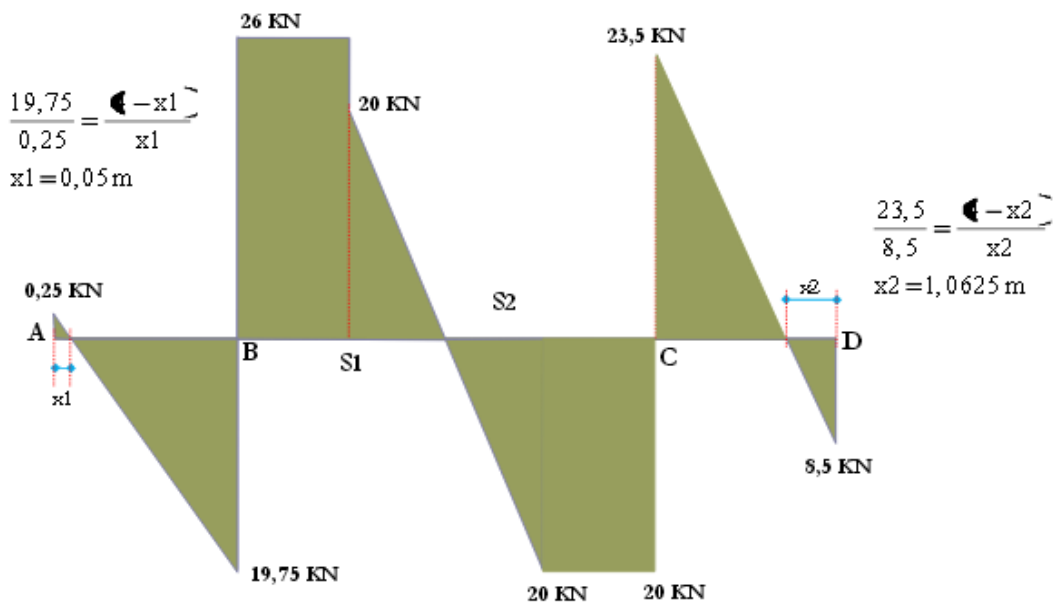


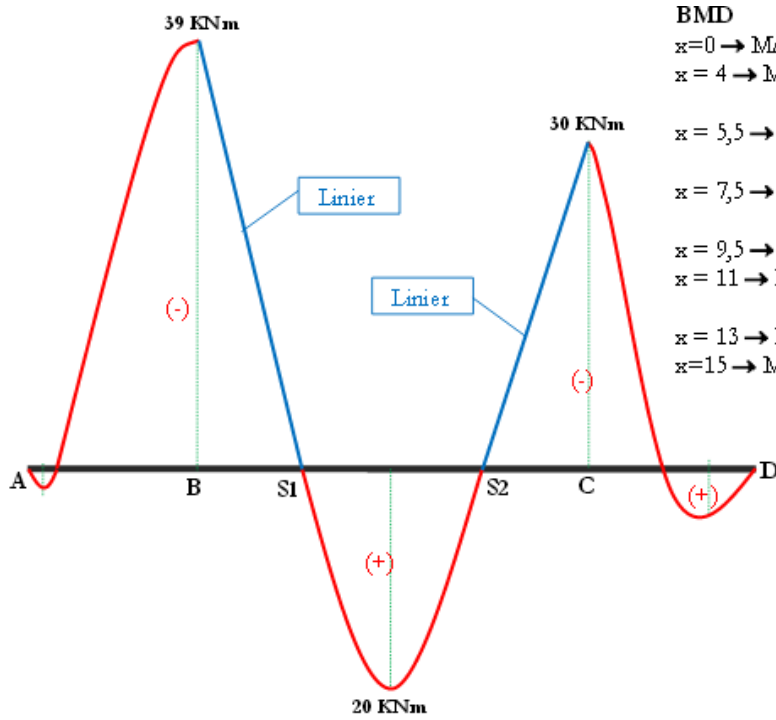
*Free Body Diagram (FBD)*

**SFD**

$SF_A = R_{AV} = 0,25 \text{ kN}$   
 $SF_{Bki} = 0,25 - (5 \cdot 4) = -19,75 \text{ kN}$   
 $SF_{Bka} = -19,75 + 45,75 = 26 \text{ kN}$   
 $SF_{S1ki} = 26 - 6 = 20 \text{ kN}$   
 $SF_{S2} = 20 - (10 \cdot 4) = -20 \text{ kN}$   
 $SF_{S2-c} = -20 + 43,5 = 23,5 \text{ kN}$   
 $SF_D = 23,5 - (8 \cdot 4) = -8,5 \text{ kN}$

*Shearing Force Diagram (SFD)*





#### BMD

$$x=0 \rightarrow M_A = 0 \text{ KN}$$

$$x=4 \rightarrow M_B = R_{av} \cdot 4 - 5 \cdot 4 \cdot 2 = -39 \text{ KNm}$$

$$x=5,5 \rightarrow M_{S1} = R_{av} \cdot 5,5 - 5 \cdot 4 \cdot 3,5 + 45,75 \cdot 1,5 = 0 \text{ KNm}$$

$$x=7,5 \rightarrow M = 26 \cdot 2 - 6 \cdot 2 - 10 \cdot 2 \cdot 1 = 20 \text{ KNm}$$

$$x=9,5 \rightarrow M_{S2} = 26 \cdot 4 - 6 \cdot 4 - 10 \cdot 4 \cdot 2 = 0$$

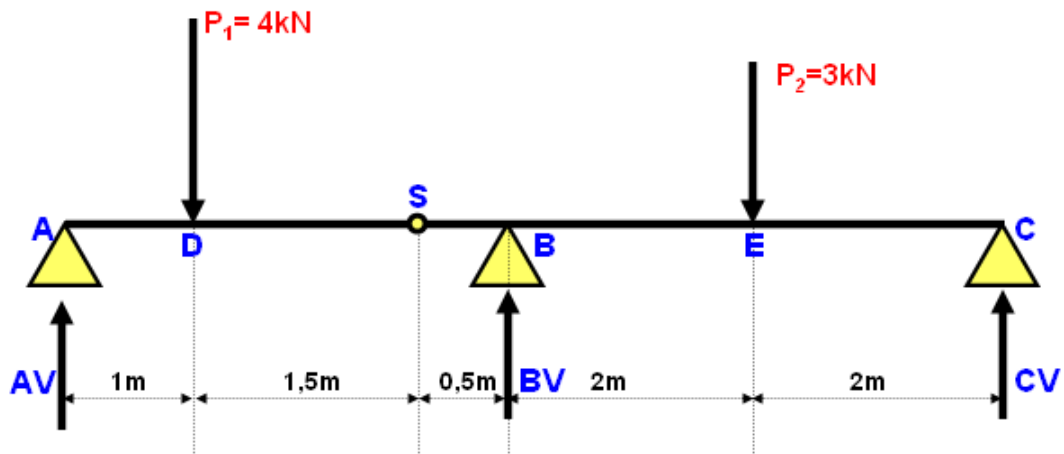
$$x=11 \rightarrow M_C = -8 \cdot 4 \cdot 2 + 8,5 \cdot 4 = -30 \text{ KNm}$$

$$x=13 \rightarrow M = -8,5 \cdot 2 + 8 \cdot 2 \cdot 1 = -1 \text{ KNm}$$

$$x=15 \rightarrow M_D = 0 \text{ KN}$$

## B. KONSTRUKSI BALOK GERBER DENGAN DUA SENDI TAMBAHAN

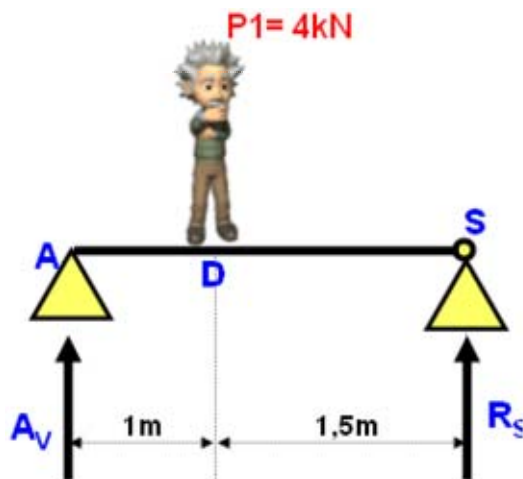
Berikut disajikan contoh soal untuk konstruksi balok gerber dengan dua sendi tambahan:



Konstruksi balok gerber dengan dua sendi tambahan

Langkah penyelesaiannya:

### MENCARI REAKSI PERLETAKAN



$$\Sigma M_S = 0$$

$$(A_V \cdot 2,5) - (P_1 \cdot 1,5) = 0$$

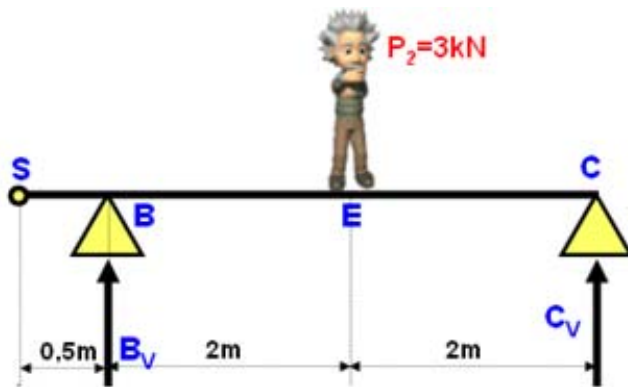
$$A_V = \frac{P_1 \cdot 1,5}{2,5} = \frac{4 \cdot 1,5}{2,5} = 2,4 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$(-R_S \cdot 2,5) + (P_1 \cdot 1,5) = 0$$

$$R_S = \frac{P_1 \cdot 1,5}{2,5} = \frac{4 \cdot 1,5}{2,5} = 2,4 \text{ kN}$$





$$\Sigma M_B = 0$$

$$(-C_V \cdot 4) + (P_2 \cdot 2) - (R_S \cdot 0,5) = 0$$

$$C_V = \frac{(P_2 \cdot 2) - (R_S \cdot 0,5)}{4} = \frac{(3 \cdot 2) - (1,6 \cdot 0,5)}{4}$$

$$C_V = \frac{6 - 0,8}{4} = \frac{5,2}{4} = 1,3\text{kN}$$

$$\Sigma M_C = 0$$

$$(B_V \cdot 4) - (R_S \cdot 4,5) - (P_2 \cdot 2) = 0$$

$$B_V = \frac{(R_S \cdot 4,5) + (P_2 \cdot 2)}{4} = \frac{(1,6 \cdot 4,5) + (3 \cdot 2)}{4}$$

$$B_V = \frac{7,2 + 6}{4} = \frac{13,2}{4} = 3,3\text{kN}$$

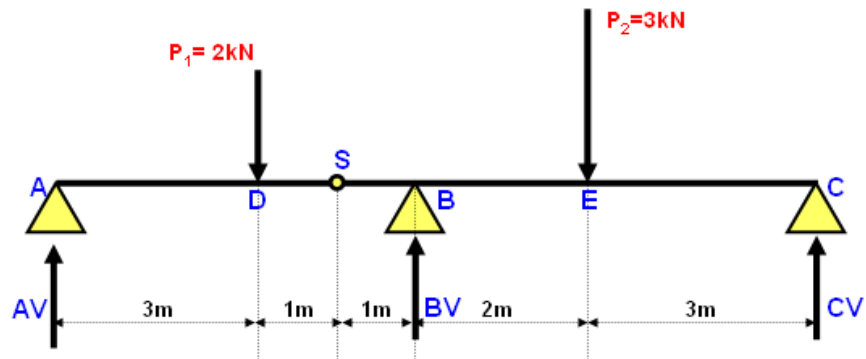
### BENDING MOMENT DIAGRAM (BMD)

$$\begin{aligned} M_D &= A_V \cdot 1 \\ &= 2,4 \cdot 1 = \mathbf{2,4\text{kNm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= -R_S \cdot 0,5 \\ &= -1,6 \cdot 0,5 = \mathbf{-0,8\text{kNm}} \end{aligned}$$

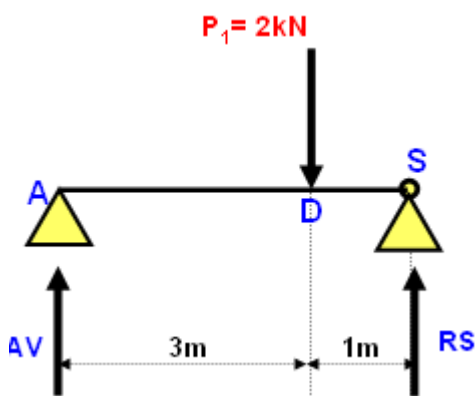
$$\begin{aligned} M_E &= C_V \cdot 2 \\ &= 1,3 \cdot 2 = \mathbf{2,6\text{kNm}} \end{aligned}$$

## LATIHAN SOAL



### LANGKAH PERTAMA:

Menyelesaikan Reaksi Perletakan:



$$M_S = 0$$

$$(A_V \cdot 4) - (P_1 \cdot 1,0) = 0$$

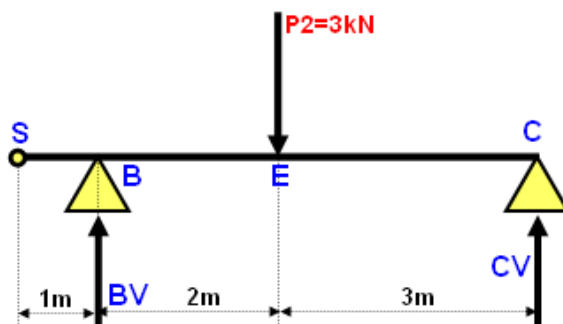
$$A_V = \frac{P_1 \cdot 1,0}{4} = \frac{2 \cdot 1,0}{4} = 0,5 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$(-R_S \cdot 4) + (P_1 \cdot 3) = 0$$

$$R_S = \frac{2 \cdot 3}{4} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ kN}$$

Bagian Kedua Balok Gerber



$$\Sigma M_B = 0$$

$$(-C_V \cdot 5) + (P_2 \cdot 2) - (R_S \cdot 1) = 0$$

$$C_V = \frac{(3 \cdot 2) - (1,5 \cdot 1,0)}{5} = \frac{6 - 1,5}{5}$$

$$C_V = 0,9 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_C = 0$$

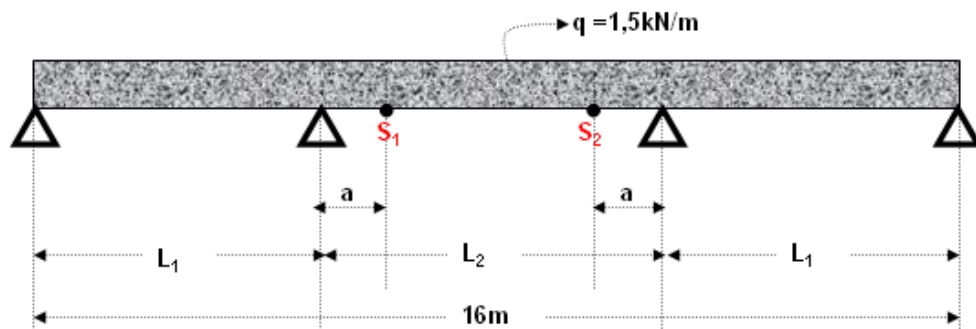
$$(B_V \cdot 5) - (R_S \cdot 6) - (P_2 \cdot 3) = 0$$

$$B_V = \frac{(R_S \cdot 6) + (P_2 \cdot 3)}{5} = \frac{(1,5 \cdot 6) + (3 \cdot 3)}{5}$$

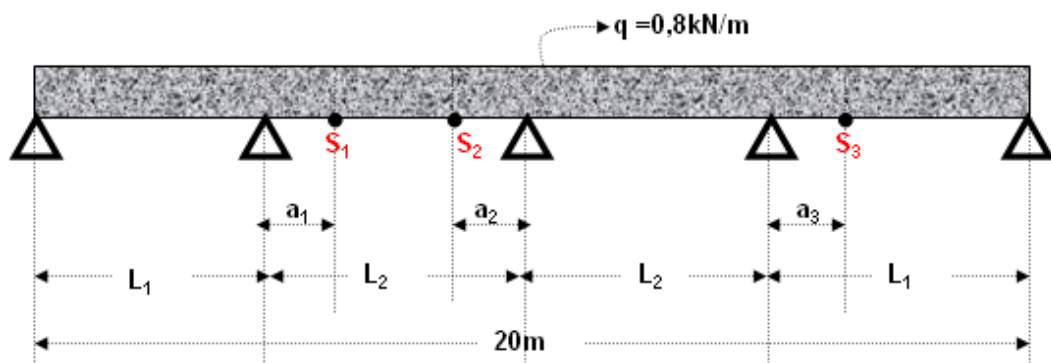
$$B_V = \frac{9 + 9}{5} = \frac{18}{5} = 3,6 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}M_D &= A_v \cdot 3 \\ &= 0,5 \cdot 3 = \mathbf{1,5kNm} \\ M_B &= -R_s \cdot 1,0 \\ &= -1,5 \cdot 1 = \mathbf{-1,5kNm} \\ M_E &= C_v \cdot 3 \\ &= 0,9 \cdot 3 = \mathbf{2,7kNm}\end{aligned}$$

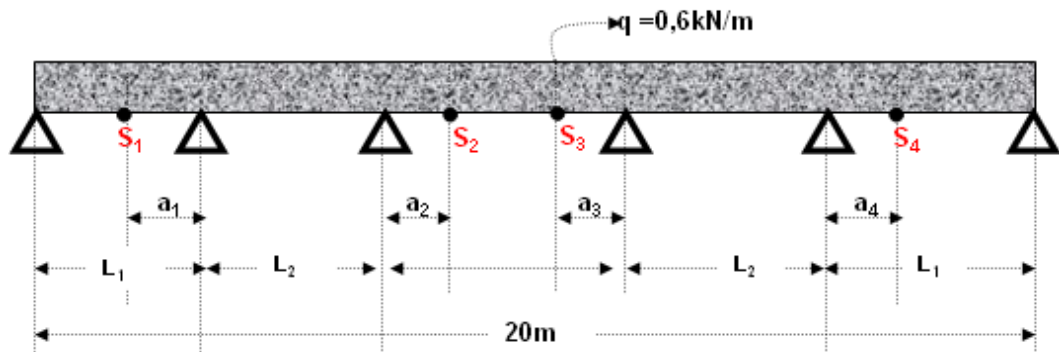
**C. MENCARI JARAK OPTIMUM SENDI GERBER (a), MENCARI JARAK L, AGAR MOMEN POSITIF SAMA DENGAN MOMEN NEGATIF**



Tentukan jarak sendi dan besarnya bentang  $L_1$ ,  $L_2$ , agar diperoleh harga momen positif maksimum sama dengan momen negatif minimum, pada konstruksi balok gerber seperti pada Gambar di atas,. Hitung juga besarnya Bidang D dan M.



Tentukan jarak sendi dan besarnya bentang  $L_1$ ,  $L_2$ , agar diperoleh harga momen positif maksimum sama dengan momen negatif minimum, pada konstruksi balok gerber seperti pada Gambar di atas,. Hitung juga besarnya Bidang D dan M.



Tentukan jarak sendi dan besarnya bentang  $L_1, L_2$ , agar diperoleh harga momen positif maksimum sama dengan momen negatif minimum, pada konstruksi balok gerber seperti pada Gambar di atas,. Hitung juga besarnya Bidang D dan M.



**BAB II**  
**KONSTRUKSI PELENGKUNG TIGA SENDI**

**A. DIKETAHUI SOAL KONSTRUKSI PELENGKUNG TIGA SENDI SEPERTI PADA GAMBAR DI BAWAH INI.**

**Reaksi  $\sum MB = 0$**

**$AV \cdot 8 - P1 \cdot 6 - P2 \cdot 3 = 0$**  (*AV dimisalkan ke atas*)

$$A_V = \frac{1.6 + 2.3}{8} = 1,5 \text{ kN (ke atas)}$$

**$\sum MA = 0$**

**$-BV \cdot 8 + P1 \cdot 2 + P2 \cdot 5 = 0$**  (*BV dimisalkan ke atas*)

$$B_V = \frac{1.2 + 2.5}{8} = 1,5 \text{ kN (ke atas)}$$

**Bagian kiri (ACES),**

**$\sum Ms = 0$**

**$AV \cdot 4 - AH \cdot 4 - P1 \cdot 2 = 0$**  (*AH dimisalkan ke kanan*)

$$A_H = \frac{(1.5)4 - 1.2}{4} = 1 \text{ kN (ke kanan)}$$

**$\sum Mc = 0$**

**$-A_H \cdot 3 + P_1 \cdot 2 + S_V \cdot 4 - S_H \cdot 1 = 0$**  (*Misal Sv ke bawah dan SH ke kiri*)

$$4 S_V - S_H = A_H \cdot 3 - P_1 \cdot 2$$

$$4 S_V - S_H = 1 \cdot 3 - 1 \cdot 2$$

$$4 S_V - S_H = 1 \text{ ..... (1)}$$

$$\sum MA = 0$$

$$P_1 \cdot 2 - S_H \cdot 4 + S_V \cdot 4 = 0$$

$$4 S_H - 4 S_H = -1 \cdot 2$$

$$4 S_V - 4 S_H = -2 \dots\dots\dots (2)$$

$$(1) \quad 4 S_V - S_H = 1$$

$$(2) \quad 4 S_V - 4 S_H = -2 \quad (-)$$

$$3 S_H = 3 \rightarrow S_H = 1 \text{ kN (ke kiri)}$$

$$(1) \quad 4 S_V - S_H = 1$$

$$4 S_V - 1 = 1 \quad \Rightarrow \quad 4 \cdot S_V = 2 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow \quad S_V = 0.5 \text{ kN (ke Bawah)}$$

**Bagian kanan (SFDB)**

$$\sum Ms = 0$$

$$-B_V \cdot 4 + B_H \cdot 4 + P_2 \cdot 1 = 0 \quad (\text{Misal } B_H \text{ dimisalkan ke kiri})$$

$$B_H = \frac{(1,5)4 + 2 \cdot 1}{4} = 1 \text{ kN (ke kiri)}$$

$$\sum MD = 0$$

$$-S_V' \cdot 4 + S_H' \cdot 1 - P_2 \cdot 3 + B_H \cdot 3 = 0 \quad (\text{misal } S_V' \text{ ke atas \& } S_H' \text{ ke kanan})$$

$$4 S_V' + S_H' = P_2 \cdot 3 - B_H \cdot 3$$

$$4 S_V' + S_H' = 2 \cdot 3 - 1 \cdot 3$$

$$4 S_V' + S_H' = 3 \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum MB = 0;$$

$$S_V' \cdot 4 + S_H' \cdot 4 - P_2 \cdot 3 = 0$$

$$4 S_V' + 4 S_H' = 2 \cdot 3$$

$$4 S_V' - 4 S_H' = 6 \dots\dots\dots (2)$$

$$(1) 4 S_V' + S_H' = 3$$

$$(2) \underline{4 S_V' + 4 S_H' = 6} \quad (-)$$

$$-3 S_H' = -3 \rightarrow S_H' = 1 \text{ kN (ke kanan)}$$

$$(1) 4 S_V' + S_H' = 3$$

$$4 S_V' + 1 = 3$$

$$S_V' = 1/4 \cdot 2 = 0,5 \text{ KN (ke atas)}$$

### Gaya Melintang dan Gaya Normal

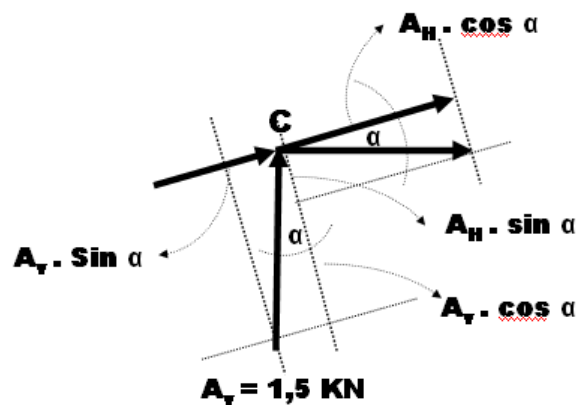
Pada TITIK A

$$D_A = -A_H = 1 \text{ KN}, N_A = -A_V = -1,5 \text{ KN}$$

Pada TITIK C (Batang AC),

$$D_C = -S_H = -1 \text{ KN}, N_C = -P_1 - S_V = -1 - 0,5 = -1,5 \text{ KN}$$

Pada TITIK C (Batang CS),



$$\text{Tg } \alpha = 1/4$$

$$\alpha = 14^\circ 2' 10''$$

$$D_C = A_V \cdot \text{Cos } \alpha - A_H \cdot \text{Sin } \alpha$$

$$D_C = (1,5) \cdot \text{Cos } \alpha - (1) \cdot \text{Sin } \alpha$$

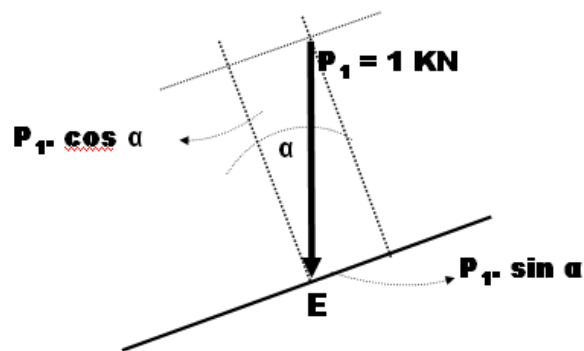
$$D_c = 1,455 - 0,242 = 1,213 \text{ KN}$$

$$N_c = -A_v \cdot \sin \alpha - A_H \cdot \cos \alpha$$

$$N_c = (-1,5) \cdot \sin \alpha - (1) \cdot \cos \alpha$$

$$N_c = -0,364 - 0,970 = -1,334 \text{ KN}$$

**Pada TITIK E**



**BIDANG D DAN BIDANG N**

$$D_E \text{ kiri} = D_c \text{ batang CS} = 1,213 \text{ KN}$$

$$D_E \text{ kn} = D_E \text{ kiri} - P1 \cdot \cos \alpha$$

$$N_E \text{ kr} = N_c \text{ balok CS} = -1,334 \text{ KN}$$

$$= 1,213 - 0,970 = 0,243 \text{ KN}$$

$$N_E \text{ kn} = N_E \text{ kr} + P1 \cdot \sin \alpha$$

$$= -1,334 + 0,242 = -1,092 \text{ KN}$$

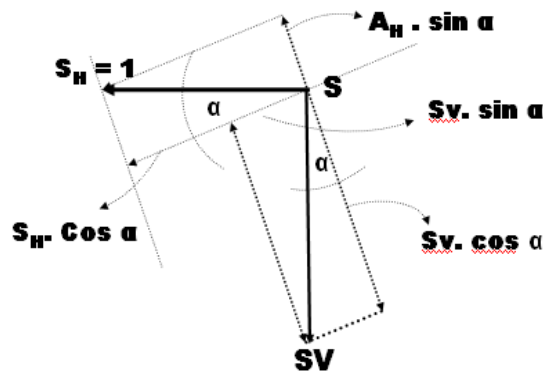
**Pada Titik S**

$$D_S \text{ kr} = D_E \text{ kn} = 0,243 \text{ KN} ;$$

$$N_S \text{ kr} = N_E \text{ kn} = -1,092 \text{ KN}$$

Dapat juga dihitung dari gaya yang bekerja pada sendi S:

**Pada TITIK S**



$$D_s \text{ kr} = S_V \cdot \cos \alpha - S_H \cdot \sin \alpha$$

$$D_s \text{ kr} = (0,5) \cos \alpha - (1) \cdot \sin \alpha$$

$$D_s \text{ kr} = 0,485 - 0,242 = 0,243 \text{ KN}$$

GAYA NORMAL (N)

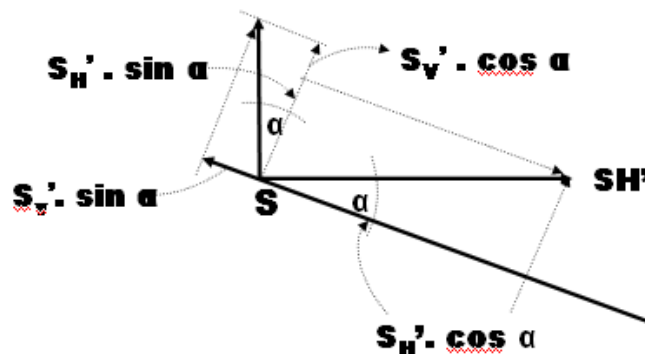
$$N_s \text{ kr} = - S_V \cdot \sin \alpha - S_H \cdot \cos \alpha$$

$$N_s \text{ kr} = - (0,5) \sin \alpha - (1) \cos \alpha$$

$$N_s \text{ kr} = - 0,121 - 0,970 = - 1,091 \text{ KN}$$

Ada sedikit perbedaan dari hasil hitungan D dan N pada titik S, tapi perbedaan ini kecil, yang diakibatkan oleh pembulatan dalam hitungan

**Pada TITIK S (batang SD),**



$$D_s \text{ kn} = S_v' \cdot \text{Cos } \alpha + S_H' \cdot \text{Sin } \alpha$$

$$D_s \text{ kn} = (0,5) \text{ Cos } \alpha + (1) \cdot \text{Sin } \alpha$$

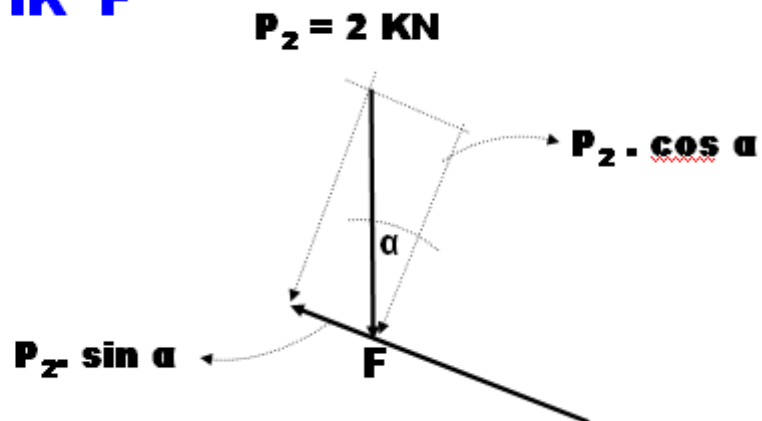
$$D_s \text{ kn} = 0,485 + 0,242 = 0,727 \text{ KN}$$

$$N_s \text{ kn} = - S_v' \cdot \text{cos } \alpha + S_H' \cdot \text{sin } \alpha$$

$$N_s \text{ kn} = - (1) \text{ cos } \alpha + (0,5) \text{ sin } \alpha$$

$$N_s \text{ kn} = - 0,970 + (0,121) = -0,849 \text{ KN}$$

### Pada TITIK F



$$D_F \text{ kr} = D_s \text{ kn} = 0,727 \text{ KN}$$

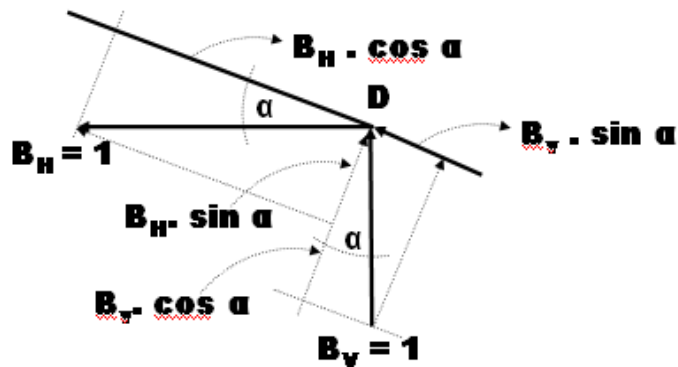
$$D_F \text{ kn} = D_F \text{ kr} - P_2 \cdot \text{Cos } \alpha$$

$$D_F \text{ kn} = 0,727 - 1,940 = - 1,213 \text{ KN}$$

$$N_F \text{ kr} = N_s \text{ kn} = - 0,849 \text{ KN}$$

$$N_F \text{ kn} = N_F \text{ kr} - P_2 \text{ sin } \alpha$$

$$= - 0,849 - 0,485 = -1,334 \text{ KN}$$



BIDANG GAYA LINTANG (D) DAN NORMAL (N)

$$D_D \text{ kr} = -B_V \cos \alpha + B_H \sin \alpha$$

$$D_D \text{ kr} = - (1,5) \cos \alpha + (1) \sin \alpha$$

$$D_D \text{ kr} = -1,445 + 0,242 = -1,212 \text{ KN}$$

$$N_D \text{ kr} = -B_V \sin \alpha - B_H \cos \alpha$$

$$N_D \text{ kr} = - (1,5) \sin \alpha - (1) \cos \alpha$$

$$= -0,364 - 0,970 = -1,334 \text{ KN}$$

## MOMEN

$$M_C = -A_H \cdot 3 = -1 \cdot 3 = -3 \text{ KNm}$$

$$M_E = -A_H \cdot 3,5 + A_V \cdot 2 = -1 \cdot (3,5) + (1,5) \cdot 2$$

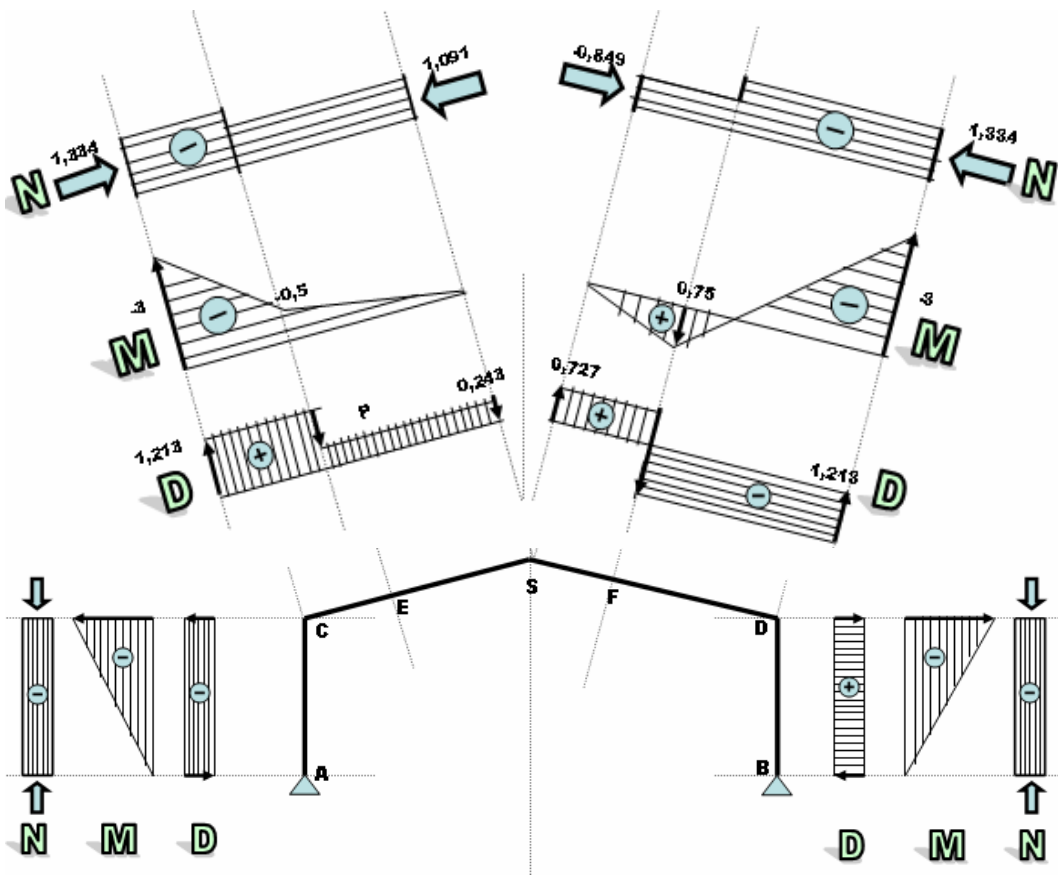
$$= -0,5 \text{ KNm}$$

$$M_D = -B_H \cdot 3 = -1 \cdot 3 = -3 \text{ KNm}$$

$$M_F = -B_H \cdot (3,75) + B_V \cdot 3$$

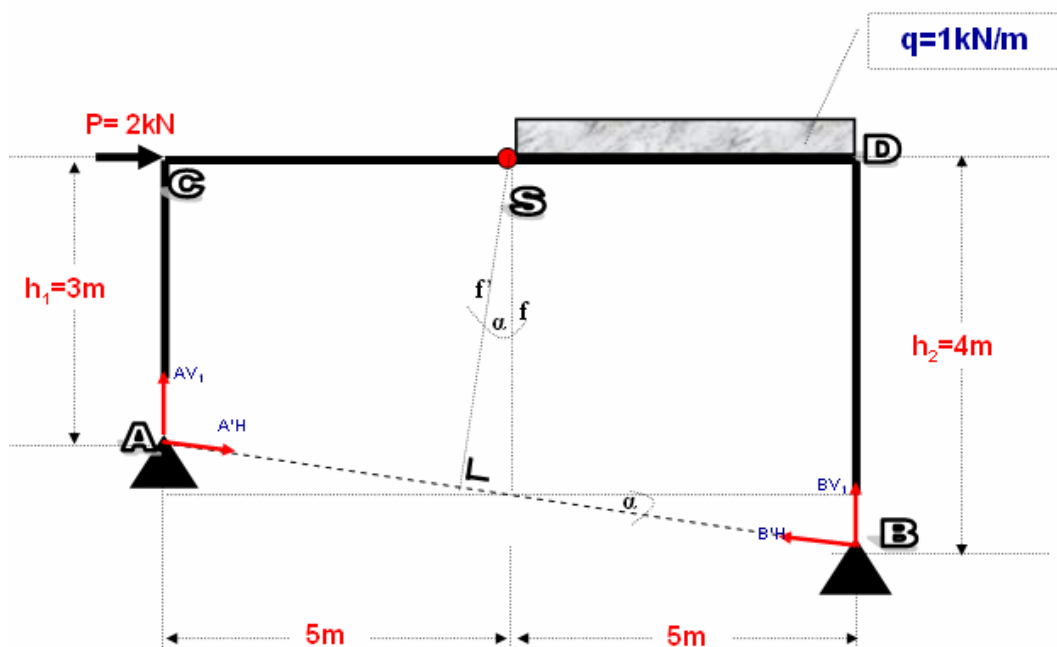
$$M_F = S_V' \cdot 1 + S_H' \cdot (0,25)$$

$$= (0,5) \cdot 1 + 1 \cdot (0,25) = 0,75 \text{ KNm}$$





**B. KONSTRUKSI PORTAL TIGA SENDI DENGAN KAKI TIDAK SAMA TINGGI**



$$f = 3 + \frac{1}{2} = 3 \frac{1}{2} \text{ m} \quad ; \quad \text{tg } \alpha = \frac{1}{10} \rightarrow \approx 5^{\circ}42'$$

$$f' = f \cos 5^{\circ}42' = 3,48 \text{ m}$$

**REAKSI VERTIKAL DIHITUNG DUA KALI, YANG PERTAMA DARI BEBAN VERTIKAL ( $AV_1$  &  $BV_1$ )**

**KEDUA DARI GAYA PELENGKUNG YANG MIRING DIURAIKAN MENJADI GAYA VERTIKAL DAN HORIZONTAL ( $AV_2, BV_2, A_H$  dan  $B_H$ )**

**REAKSI VERTIKAL DI A,  $A_v = AV_1 + AV_2$  & BESARNYA REAKSI DI B,  $B_v = BV_1 + BV_2$  SEDANG BESARNYA REAKSI HORIZONTAL DI A,  $A = AH$  dan di B =  $BH$**

$$\sum MB = 0$$

$$A_{V1} \cdot 10 + 2.4 - 5.1(2,5) = 0 \rightarrow \text{dimisalkan } A_{V1} \text{ ke atas}$$

$$A_{V1} = \frac{12,5 - 8}{10} = 0,45 \text{ kN (ke atas)}$$

$$\sum MA = 0$$

$$B_{V1} \cdot 10 + 5.1(7,5) + 2.3 = 0 \rightarrow \text{dimisalkan } B_{V1} \text{ ke atas}$$

$$B_{V1} = \frac{37,5 + 6}{10} = 4,35 \text{ kN (ke atas)}$$

$$\sum MS = 0 \text{ (Bagian kiri)}$$

$$A_{V1} \cdot 5 - A_H' \cdot f' = 0 \rightarrow \text{dimisalkan } A_H' \text{ ke kanan}$$

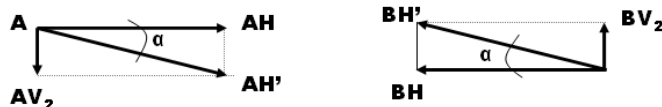
$$A_H' = \frac{(0,45)5}{3,48} = 0,65 \text{ kN (ke kanan)}$$

$$\sum Ms = 0 \text{ bagian kanan}$$

$$-B_{V1} \cdot 5 + 5.1(2,5) + B_H' \cdot f' = 0 \rightarrow \text{dimisalkan } B_H' \text{ ke kiri}$$

$$B_H' = \frac{(4,35)5 - 5(2,5)}{3,48} = 2,65 \text{ kN (ke kiri)}$$

**AH DAN BH DIURAIKAN MENJADI ARAH VERTIKAL DAN HORIZONTAL**



$$\begin{aligned} AH &= A_H' \cdot \cos 50^{\circ}42' = (0,65) (0,995) \\ &= 0,65 \text{ KN (KE KANAN)} \end{aligned}$$

$$AV_2 = AH' \cdot \sin 5^\circ 42' = (0,65) (0,093) \\ = 0,065 \text{ KN (KE BAWAH)}$$

$$BH = BH' \cdot \cos 5^\circ 42' = (2,65) (0,995) \\ = 2,65 \text{ kN (KE KIRI)}$$

$$BV_2 = BH' \cdot \sin 5^\circ 42' = (2,65) (0,093) \\ = 0,26 \text{ kN (ke atas)}$$

$$AV = AV_1 + AV_2 = 0,45 + (-0,065) \\ = 0,39 \text{ kN (ke atas)}$$

$$BV = BV_1 + BV_2 = 4,35 + 0,26 \\ = 4,61 \text{ kN (ke atas)}$$

$$MC = -AH \cdot 3 = -(0,65) 3 = -1,95 \text{ KNm}$$

$$MD = -BH \cdot 4 = -(2,65) 4 = -10,60 \text{ KNm}$$

**MOMEN EKSTREM TERJADI PADA Dx = 0**  
**Misal Dx = 0 terjadi pada jarak x dari titik D,**

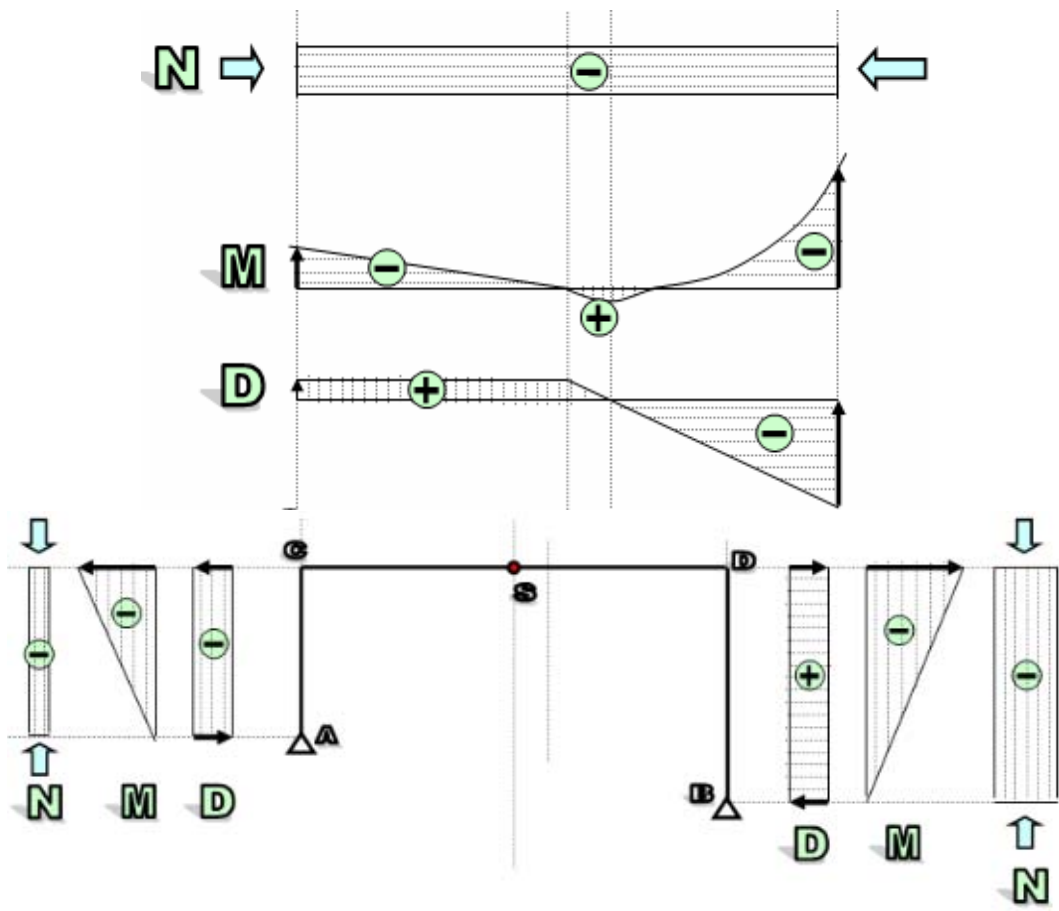
$$Dx = Bv - q x \rightarrow 0 = Bv - q x$$

$$x = \frac{BV}{q} = \frac{4,61}{1} = 4,61m$$

$$M_{maks} = -BH \cdot 4 + BV \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} x$$

$$M_{maks} = -(2,65) \cdot 4 + (4,61) (4,61) \\ - 1(4,61) \cdot (1/2 \cdot 4,61)$$

$$M_{maks} = -10,6 + 21,25$$



### C. KONSTRUKSI BUSUR TIGA SENDI

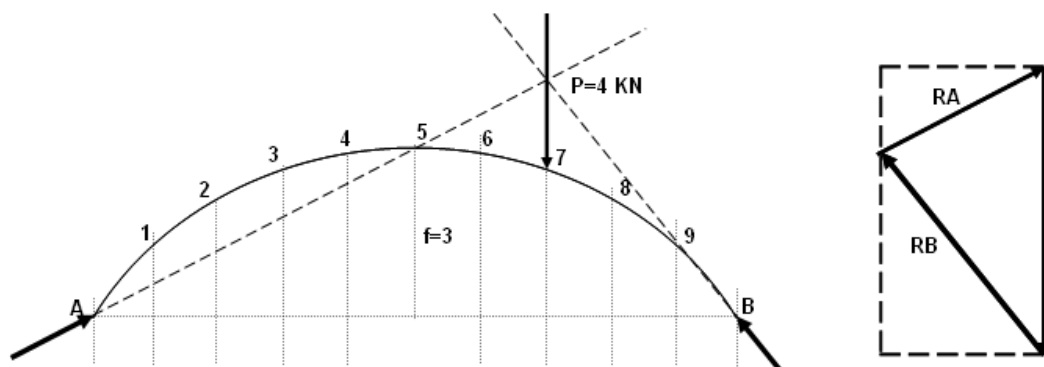
Pada Konstruksi Busur 3 sendi, besar gaya Normal dan Melintang dihitung setelah gaya vertikal dan Horizontal diketahui. Jarak gaya Normal dan Gaya lintang dapat dilakukan dengan diskritisasi elemen. Kata kunci yang harus dikendalikan yaitu SUATU STRUKTUR HARUS BERBENTUK SEGITIGA.

#### PERSAMAAN PARABOL “MEKANIKA TEKNIK”

$$y = \frac{4f}{L^2} x(L - x)$$

#### KEMIRINGAN BUSUR

$$y' = \frac{4f}{L^2} (L - 2x)$$

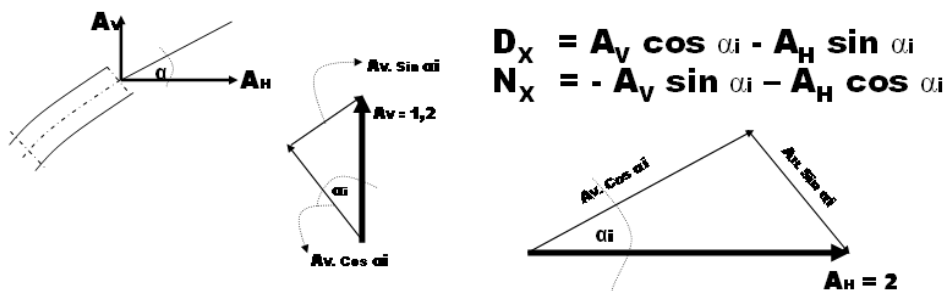


Untuk menggambar bidang d, n dan m perlu dihitung besarnya d, n dan m tersebut pada setiap titik tertentu. Untuk menggambar bidang d, n dan m perlu

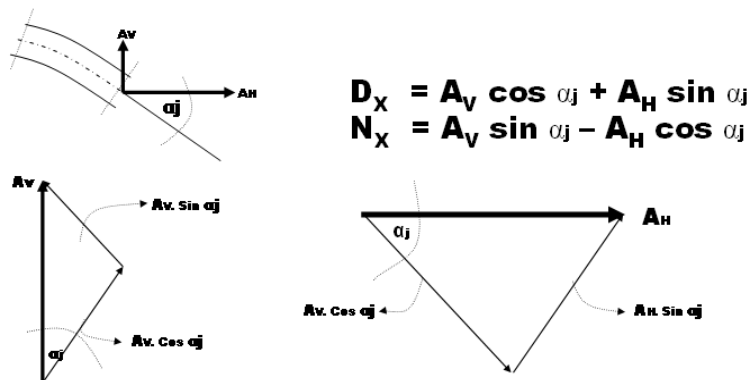
dihitung besarnya d, n dan m tersebut pada setiap titik tertentu. Misalnya dalam persolan ini ditinjau titik setiap jarak 1 m. Utk lebih mudah & ringkasnya perhitungan berikut ini diberikan tinjauan titik x sembarang yg berjarak x dari titik a.

Mengingat perubahan dalam soal di atas, maka dalam hal ini ditinjau titik x dengan daerah berlakunya yaitu dari 0 sampai 1/2 L, dari 1/2 L sampai beban terpusat P, & dari beban terpusat p sampai TITIK B.

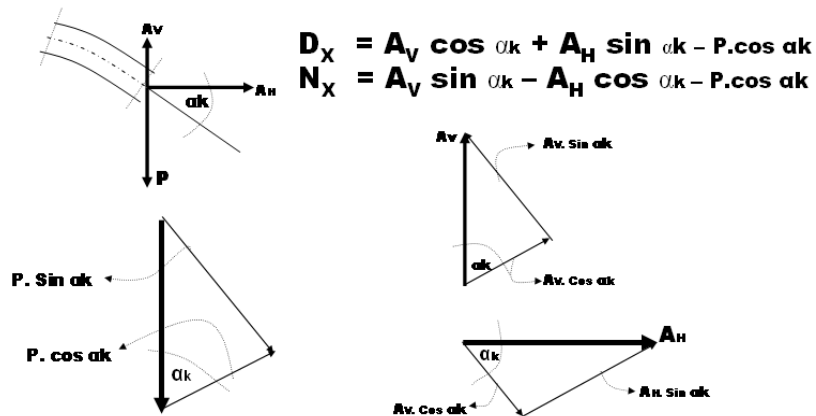
**Tinjauan  $D_x$  dan  $N_x$  pada jarak x, dengan  $0 \leq x \leq \frac{1}{2} L$  ..... (1)**



**Tinjauan  $D_x$  dan  $N_x$  pada jarak x, dengan  $\frac{1}{2} L \leq X \leq (L-a)$  ..... (2)**



**Tinjauan  $D_x$  dan  $N_x$  pada jarak x, dengan  $(\frac{1}{2} L+a) \leq X \leq L$  ..... (3)**



$\sum MB = 0;$

$AV \cdot 10 - P \cdot 3 = 0; \rightarrow$  dimisalkan AV ke atas

$A_V = \frac{4 \cdot 3}{10} = 1,2 \text{ kN (ke atas)}$

$\sum MA = 0;$

$-B_V \cdot 10 + P \cdot 7 = 0 \rightarrow$  dimisalkan BV ke atas

$B_V = \frac{4 \cdot 7}{10} = 2,8 \text{ kN (ke atas)}$

$\sum MS = 0; \text{ (bagian kiri)}$

$AV \cdot 5 - AH \cdot 3 = 0 \rightarrow$  dimisalkan AH ke kanan

$A_H = \frac{(1,2) \cdot 5}{3} = 2 \text{ kN (ke kanan)}$

$\sum M_s = 0; \text{ (bagian kanan)}$

$-B_V \cdot 5 + B_H \cdot 3 + P \cdot 2 = 0; \rightarrow$  dimisalkan BH ke kiri

$B_H = \frac{(2,8) \cdot 5 - 4 \cdot 2}{3} = 2 \text{ kN (ke kiri)}$

**MOMEN GAYA MELINTANG DAN GAYA NORMAL**

**PADA TITIK A → X = 0, MEMAKAI PERSAMAAN (1)**

$$y_A = \frac{4fx}{L^2} (L-x) = \frac{4 \cdot 3 \cdot 0}{10^2} (10-0) = 0$$

$$y_A' = \frac{4f}{L^2} (L-2x) = \frac{4 \cdot 3}{10^2} (10-2 \cdot 0) = 1,2 \rightarrow \alpha_A = 50^\circ 11'$$

$$\mathbf{MA = AH \cdot 0 = 0}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{DA} &= \mathbf{(1,2) \cos \alpha_A - (2) \sin \alpha_A} \\ &= \mathbf{0,768 - 1,536 = - 0,768 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$\mathbf{DA / \cos \alpha_A = - 0,768 / \cos \alpha_A = - 1,2 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{NA = - (1,2) \sin \alpha_A - (2) \cos \alpha_A}$$

$$\mathbf{= - 0,922 - 1,281 = - 2,203 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{NA / \cos \alpha_A = - 2,203 / \cos \alpha_A = - 3,44 \text{ kN}}$$

**Pada titik 1, → x = 1 m, memakai persamaan (1)**

$$y_1 = \frac{4 \cdot 3 \cdot 1}{10^2} (10-1) = 1,08 \text{ m}$$

$$y_1' = \frac{4 \cdot 3}{10^2} (10-2 \cdot 1) = 0,96 \rightarrow \alpha_1 = 43^\circ 50'$$

$$\mathbf{M_1 = - A_H \cdot (1,08) + A_V \cdot (1)}$$

$$\mathbf{= - (2) (1,08) + (1,2) (1) = - 0,96 \text{ KNm}}$$



$$\mathbf{D_1 = (1,2) \cos \alpha_1 - (2) \sin \alpha_1}$$

$$= 0,866 - 1,385 = - 0,519 \text{ kN}$$

$$\mathbf{D_1 / \cos \alpha_1 = - 0,519 / \cos \alpha_1 = - 0,72 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_1 = - (1,2) \sin \alpha_1 - (2) \cos \alpha_1}$$

$$= - 0,831 - 1,443 = - 2,274 \text{ kN}$$

$$\mathbf{N_1 / \cos \alpha_1 = - 2,274 / \cos \alpha_1 = - 3,152 \text{ kN}}$$

**Pada titik 2,  $\rightarrow x = 2 \text{ m}$ , memakai persamaan (1)**

$$y_2 = \frac{4.3.2}{10^2} (10 - 2) = 1,92 \text{ m}$$

$$y_2' = \frac{4.3}{10^2} (10 - 2.2) = 0,72 \rightarrow \alpha_2 = 35^\circ 45'$$

$$\mathbf{M_2 = (1,2) (2) - (2) (1,92) = - 1,44 \text{ kNm}}$$

$$\mathbf{D_2 = (1,2) \cos \alpha_2 - (2) \sin \alpha_2}$$

$$= 0,974 - 1,169 = - 0,195 \text{ kN}$$

$$\mathbf{D_2 / \cos \alpha_2 = - 0,195 / \cos \alpha_2 = - 0,24 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_2 = - (1,2) \sin \alpha_2 - (2) \cos \alpha_2}$$

$$= - 0,711 - 1,623 = - 2,324 \text{ kN}$$

$$\mathbf{N_2 / \cos \alpha_2 = - 2,324 / \cos \alpha_2 = - 2,864 \text{ kN}}$$

**Pada titik 3,  $\rightarrow x = 3 \text{ m}$ , memakai persamaan (1)**

$$y_3 = \frac{4.3.3}{10^2} (10 - 3) = 2,52 \text{ m}$$

$$y_3' = \frac{4.3}{10^2} (10 - 2.3) = 0,48 \rightarrow \alpha_3 = 25^\circ 38'$$

$$\mathbf{M_3 = (1,2) (3) - (2) (2,52) = - 1,44 \text{ kNm}}$$

$$\mathbf{D_3 = (1,2) \cos 25^\circ 38' - (2) \sin 25^\circ 38'}$$

$$\mathbf{D_3 = 1,082 - 0,865 = 0,217 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{D_3 / \cos \alpha_3 = - 0,217 / \cos 25^\circ 38' = - 0,241 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_3 = - (1,2) \sin 25^\circ 38' - (2) \cos 25^\circ 38'}$$

$$\mathbf{N_3 = - 0,5219 - 1,803 = - 2,322 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_3 / \cos \alpha_3 = - 2,322 / \cos 25^\circ 38' = - 2,576 \text{ kN}}$$

**Pada titik 4,  $\rightarrow x = 4 \text{ m}$ , memakai persamaan (1)**

$$y_4 = \frac{4 \cdot 3 \cdot 4}{10^2} (10 - 4) = 2,88 \text{ m}$$

$$y_4^1 = \frac{4 \cdot 3}{10^2} (10 - 2 \cdot 4) = 0,24 \rightarrow \alpha_4 = 13^\circ 29'$$

$$\mathbf{M_4 = (1,2) (4) - (2) (2,88) = - 0,96 \text{ kNm}}$$

$$\mathbf{D_4 = (1,2) \cos 13^\circ 29' - (2) \sin 13^\circ 29'}$$

$$\mathbf{D_4 = 1,167 - 0,467 = 0,700 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{D_4 / \cos \alpha_4 = - 0,700 / \cos 13^\circ 29' = - 0,720 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_4 = - (1,2) \sin 13^\circ 29' - (2) \cos 13^\circ 29'}$$

$$\mathbf{N_4 = - 0,28 - 1,945 = - 2,225 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_4 / \cos \alpha_4 = - 2,225 / \cos 13^\circ 29' = - 2,288 \text{ kN}}$$

**Pada titik 5,  $\rightarrow x = 5$  m, memakai persamaan (1)**

$$y_4 = \frac{4.3.5}{10^2} (10-5) = 3 = f$$

$$y_5^1 = \frac{4.3}{10^2} (10-2.5) = 0 \rightarrow \alpha_5 = 0$$

$$\mathbf{M_5 = (1,2) (5) - (2) (3) = 0 \text{ kNm}}$$

$$\mathbf{D_5 \text{ kiri} / \cos \alpha_5 = 1,2 / \cos 0 = 1,2 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_5 \text{ kiri} = - (1,2) \sin 0 - (2) \cos 0 = - 2 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_5 \text{ kiri} / \cos \alpha_5 = - 2 / \cos 0 = - 2 \text{ kN}}$$

**Pada titik 6,  $\rightarrow x = 6$  m, memakai persamaan (2)**

$$y_6 = \frac{4.3.6}{10^2} (10-6) = 2,88 \text{ m}$$

$$y_6^1 = \frac{4.3}{10^2} (10-2.6) = -0,24 \rightarrow \alpha_6 = 13^{\circ}25'$$

$$\mathbf{M_6 = (2,8) 4 - (2)(2,28) - (4) (1) = 1,44 \text{ kNm}}$$

$$\mathbf{D_6 = (1,2) \cos 13^{\circ}29' + (2) \sin 13^{\circ}29'}$$

$$\mathbf{D_6 = 1,167 + 0,467 = 1,634 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{D_6 / \cos \alpha_6 = 1,634 / \cos 13^{\circ}29'}$$

$$\mathbf{N_6 = + (1,2) \sin 13^{\circ}29' - 2 \cos 13^{\circ}29'}$$

$$\mathbf{N_6 = 0,280 - 1,945 = - 1,665 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_6 / \cos \alpha_6 = - 1,665 / \cos 13^{\circ}29'}$$

**Pada titik 7,  $\rightarrow x = 7$  m, memakai persamaan (2)**

$$y_7 = \frac{4.3.7}{10^2} (10-7) = 2,52 \text{ m}$$

$$y_7^1 = \frac{4.3.}{10^2} (10-2.7) = -0,48 \rightarrow \alpha_7 = 25^{\circ}38'$$

$$\mathbf{D_7 \text{ kiri} = (1,2) \cos 25^{\circ}38' + (2) \sin 25^{\circ}38'}$$

$$\mathbf{D7 \text{ kiri} = 1,081 + 0,865 = 1,946 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{D7 \text{ kiri} / \cos \alpha_7 = 1,946 / \cos 25^{\circ}38'}$$

$$\mathbf{N7 \text{ kiri} = (1,2) \sin 25^{\circ}38' - (2) \cos 25^{\circ}38'}$$

$$\mathbf{N7 \text{ kiri} = 0,519 - 1,803 = -1,284 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N7 \text{ kiri} / \cos \alpha_7 = -1,284 / \cos 25^{\circ}38' = -1,424 \text{ kN}}$$

**Pada titik 7 → bag. kanan memakai persamaan (3)**

$$\mathbf{D7 \text{ kanan} = AV \cos \alpha_7 + AH \sin \alpha_7 - P \cos \alpha_7}$$

$$\mathbf{D7 \text{ kanan} = D7 \text{ kiri} - 4 \cos 25^{\circ}38'}$$

$$= 1,946 - 3,606 = -1,660 \text{ kN}$$

$$\mathbf{D7 \text{ kn} / \cos \alpha_7 = -1,660 / \cos 25^{\circ}38' = 1,841 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N7 \text{ kn} = -N7 \text{ kr} - P \cdot \sin \alpha_7}$$

$$= -1,284 - 4 \cdot \sin 25^{\circ}38'$$

$$\mathbf{N7 \text{ kn} = -1,284 - 1,730 = -3,014 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N7 \text{ kn} / \cos \alpha_7 = -3,014 / \cos 25^{\circ}38' = -3,34 \text{ kN}}$$

**Pada titik 8, → x = 8 m, memakai persamaan (3)**

$$y_8 = \frac{4.3 \cdot 8}{10^2} (10 - 8) = 1,92 \text{ m}$$

$$y^1_8 = \frac{4.3}{10^2} (10 - 2.8) = -0,72 \rightarrow \alpha_8 = 35^\circ 45'$$

$$\mathbf{M_8 = BV \cdot 2 - BH (1,92)}$$

$$= (2,8) (2) - (2) (1,92) = 1,76 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{D_8 = (1,2) \cos 35^\circ 45' + (2) \sin 35^\circ 45' - (4) \cos 35^\circ 45'}$$

$$\mathbf{D_8 = 0,97 + 0,17 - 3,25 = -1,11 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{D_8 / \cos \alpha_8 = -1,11 / \cos 35^\circ 45'}$$

$$\mathbf{N_8 = -1,20 \sin 35^\circ 45' - (2) \cos 35^\circ 45' - 4 \sin 35^\circ 45'}$$

$$\mathbf{N_8 = 0,701 - 1,623 - 2,337 = -3,259 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_8 / \cos \alpha_8 = -3,259 / \cos 35^\circ 45' = -4,016 \text{ kN}}$$

**Pada titik 9,  $\rightarrow x = 9 \text{ m}$ , memakai persamaan (3)**

$$y_9 = \frac{4.3 \cdot 9}{10^2} (10 - 9) = 1,08 \text{ m}$$

$$y^1_9 = \frac{4.3}{10^2} (10 - 2.9) = -0,96 \rightarrow \alpha_9 = 43^\circ 50'$$

$$\mathbf{M_9 = BV \cdot 1 + B_H (1,08)}$$

$$= (2,8) (1) - (2) (1,08) = 0,626 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{D_9 = (1,2) \cos 43^\circ 50' + (2) \sin 43^\circ 50' - (4) \cos 43^\circ 50'}$$

$$\mathbf{D_9 = 0,866 + 1,385 - 2,885 = -0,635 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{D_9 / \cos \alpha_9 = -0,635 / \cos 43^\circ 50' = -0,88 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_9 = (1,2) \sin 43^\circ 50' - (2) \cos 43^\circ 50' - (4) \sin 43^\circ 50'}$$

$$\mathbf{N_9 = 0,931 - 1,443 - 2,77 = -3,382 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_9 / \cos \alpha_9 = -3,382 / \cos 43^\circ 50' = -4,688 \text{ kN}}$$

**Pada titik B,  $\rightarrow x = 10 \text{ m}$ , memakai persamaan (3)**

$$y_{10} = \frac{4.3 \cdot 10}{10^2} (10 - 10) = 0 \text{ m}$$

$$y^1_B = \frac{4.3}{10^2} (10 - 2.10) = -1,2 \rightarrow \alpha_B = 50^\circ 11'$$

$$M_B = (1,2) (0) - (2) (0) = 0$$

$$D_B = (1,2) \cos 50^\circ + (2) \sin 50^\circ - (4) \cos 50^\circ$$

$$D_B = 0,786 + 1,536 - 2,561 = -0,257 \text{ kN}$$

$$D_B / \cos \alpha_B = -0,257 / \cos 50^\circ = -0,40 \text{ kN}$$

$$N_B = (1,2) \sin 50^\circ - (2) \cos 50^\circ - (4) \sin 50^\circ$$

$$N_B = 0,922 - 1,281 - 3,072 = -3,431 \text{ kN}$$

$$N_B / \cos \alpha_B = -3,431 / \cos 50^\circ = -5,36 \text{ kN}$$

Titik	N	D	D / cos $\alpha$	N	N / cos $\alpha$
A	0,000	-0,768	-0,120	-2,203	-3,440
1	-0,960	-0,519	-0,720	-2,274	-3,152
2	-1,440	-0,195	-0,240	-2,324	-2,864
3	-1,440	+0,216	+0,240	-3,22	-2,576
4	-0,960	+0,700	+0,720	-2,255	-2,288
5 kiri	0,000	+0,120	+1,200	-2,000	-2,000
5 kanan	0,000	+1,200	+1,200	-2,000	-2,000
6	+1,440	+1,634	+1,680	-1,665	-1,712
7 kiri	+3,360	+1,946	+2,160	-1,284	-1,424
7 kanan	+3,360	-0,660	-1,841	-3,014	-3,344
8	+1,760	-1,110	-1,360	-3,259	-4,016
9	+0,626	-0,635	-0,880	-3,382	-4,688
B	0,000	-0,257	-0,400	-3,431	-5,360

### Momen ekstrem bagian AS,

$$M_x = A_v \cdot x - A_H \cdot y_x = A_v \cdot x - A_H \cdot \left( \frac{4f}{L} x (L-x) \right)$$

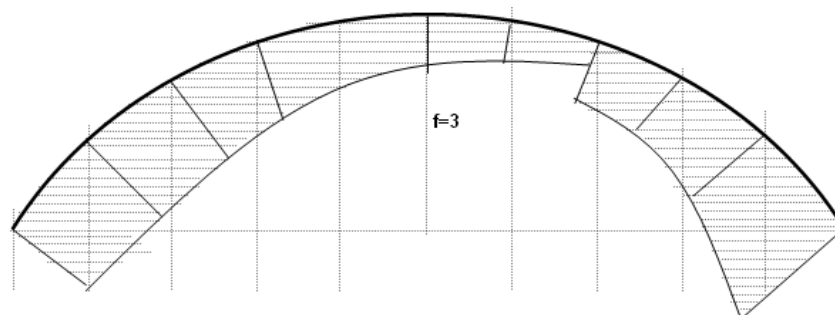
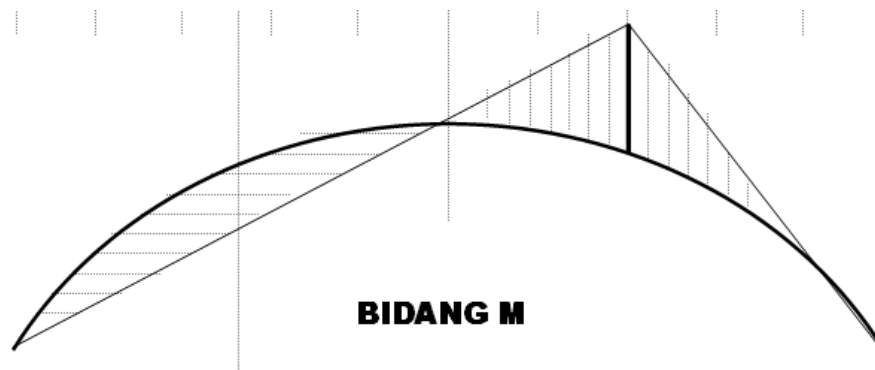
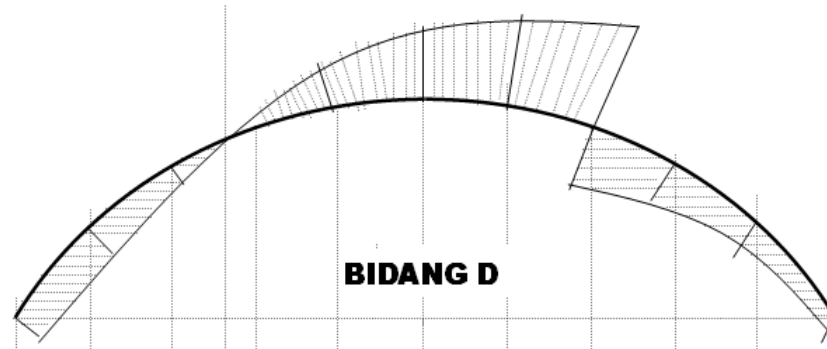
$$\frac{dM_x}{dx} = A_v - \frac{4f}{L} A_H + \frac{8f}{L^2} A_H x$$

$$0 = A_v - \frac{4f}{L} A_H + \frac{8f}{L^2} A_H x \rightarrow x = \frac{-A_v \cdot L^2}{8f A_H} + \frac{L}{2}$$

$$x = \frac{-(1,2)(10)^2}{(8)(3)(2)} + \frac{10}{2} = 2,5 \text{ m}$$

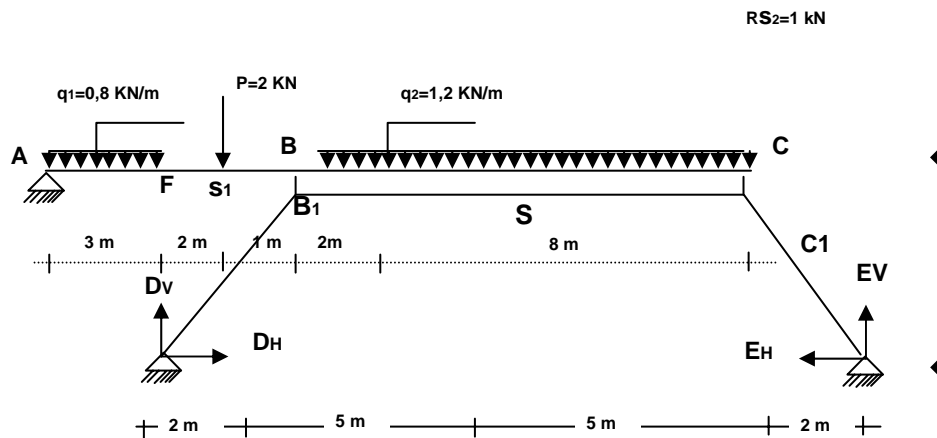
$$M_{\text{ekstrem}} = (1,2)(2,5) - 2 \cdot \left( \frac{4,3(2,5)}{10^2} (10 - 2,5) \right)$$

$$M_{\text{ekstrem}} = 3 - (2)(2,25) = -1,5 \text{ kNm}$$



### BAB III

## KONSTRUKSI PELENGKUNG TIGA SENDI YANG DIGABUNGKAN DENGAN BALOK GERBER



Urutan perhitungan adalah dimulai dari batang afs1, batang S1BGC dan kemudian konstruksi portal portal DB1C–S. beban yang diterima portal adalah beban dari balok gerber yang melalui reaksi di B dan di C reaksi di B dan di C ini masing–masing menjadi beban terpusat konstruksi portal di titik B1 dan C1.

#### Batang AFS1,

#### Reaksi,

$$\sum M_{s1} = 0$$

$$A_v \cdot 5 - q_1 \cdot 3(3,5) = 0$$

$$A_v = \frac{q_1 \cdot 3(3,5) - 4 \cdot 2}{5} = \frac{(0,8) (3) (3,5)}{5} = 1,68 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$- R_{s1} \cdot 5 - q_1 \cdot 3(1,5) + P \cdot 5 = 0$$

$$R_{s1} = \frac{q_1 \cdot 3(1,5) + P \cdot 5}{5} = \frac{(0,8) (3) (1,5) + (2,5)}{5}$$

$$R_{s1} = \frac{3,6 + 10}{5} = \frac{13,5}{5} = 2,72 \text{ kN}$$



$$MF = AV \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot (3)^2 = 1,68 \cdot 3 - \frac{1}{2} (0,8) (9) = 1,44 \text{ KN}$$

**Momen maksimum pada batang AF. Ditinjau titik x pada jarak x dari A,**

$$M_x = AV \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

$$\frac{dM_x}{dx} = A_v - q_1 x; \text{ syarat ekstrem } \frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$0 = A_v - q_1 x; \rightarrow x = \frac{A_v}{q_1} = \frac{1,68}{0,8} = 2,1 \text{ m}$$

$$\mathbf{M_{maks,} = 1,764 \text{ KNm}}$$

### BATANG S1BGC

#### REAKSI

$$\sum MC = 0$$

$$- BV \cdot 10 - RS1 \cdot 11 - q_2 \cdot 8 \cdot 4 = 0$$

$$B_V = \frac{R_{s1} \cdot 11 + q_2 \cdot 8 \cdot 4}{10} = \frac{(2,72) (11) (1,2) + (8,4)}{10} = 5,88 \text{ kN}$$

$$B_V = \frac{R_{s1} \cdot 29,92 + 38}{10} = \frac{08,32}{10} = 6,832 \text{ kN}$$

#### REAKSI

$$\sum MB = 0$$

$$- CV = 10 + q_2 \cdot 8 \cdot 6 - RS1 \cdot 1 = 0$$

$$C_V = \frac{q_2 \cdot 8 \cdot 6 - RS1 \cdot 1}{10} = \frac{(1,2) \cdot 8 \cdot 6 - (2,72) \cdot 1}{10} = 6,832 \text{ kN}$$

$$C_V = \frac{37,6 - 2,72}{10} = \frac{34,88}{10} = 5,488 \text{ kN}$$

**Momen maksimum batang GC, Ditinjau titik x pada jarak x dari C,**

$$M_x = C_v \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_2 \cdot x^2 = \frac{dM_x}{dx} = C_v - q_2 \cdot x$$

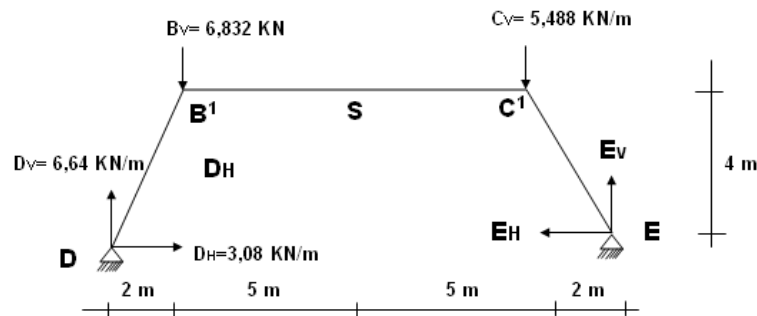
$$\text{Syarat ekstrem : } \frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$0 = C_v - q_2 \cdot x \rightarrow x = \frac{C_v}{q_2} = \frac{5,488}{1,22} = 4,573 \text{ m}$$

$$\mathbf{M_{maks,} = M_x, \text{ dengan } x = 4,573 \text{ m}}$$

$$\mathbf{M_{maks,} = (5,488) (4,573) - \frac{1}{2} (1,2) (4,573)^2 = 12,55 \text{ KNm}}$$

### Bagian Portal DB<sup>1</sup>SC<sup>1</sup>E,



#### **Reaksi,**

$$\sum \mathbf{ME} = 0 ;$$

$$\mathbf{DV} \cdot 14 - \mathbf{B}^1\mathbf{v} \cdot 12 - \mathbf{C}^1\mathbf{v} \cdot 2 = 0$$

$$D_v = \frac{B^1_v \cdot 12 + C^1_v \cdot 2}{14} = \frac{(6,832) (12) + (5,488) (2)}{14}$$

$$DV \frac{92,96}{14} = 6,64 \text{ kN}$$

$$\sum \mathbf{MD} = 0 ;$$

$$-\mathbf{Ev} \cdot 14 - \mathbf{B}^1\mathbf{v} \cdot 2 - \mathbf{C}^1\mathbf{v} \cdot 2 = 0$$

$$E_v = \frac{B^1_v \cdot 2 + C^1_v \cdot 12}{14} = \frac{(6,832) (2) + (5,488) (12)}{14}$$

$$\mathbf{E}_v = 5,68 \text{ kN}$$

$$\sum \mathbf{MS} = 0 ; \rightarrow \text{bagian kiri,}$$

$$\mathbf{DV} \cdot 7 - \mathbf{B}^1\mathbf{v} \cdot 5 - \mathbf{DH} \cdot 4 = 0$$

$$D_H = \frac{D_v \cdot 7 + B^1_v \cdot 5}{14} = \frac{(6,64) (7) + (6,832) (5)}{14} = \frac{12,32}{4} = 3,08 \text{ kN}$$

$$\sum \mathbf{MS} = 0 ; \rightarrow \text{bagian kanan,}$$

$$-\mathbf{Ev} \cdot 7 + \mathbf{Cv} \cdot 5 - \mathbf{EH} \cdot 4 = 0$$

$$E_H = \frac{E_v \cdot 7 + C^1_v \cdot 5}{4} = \frac{(5,68) (7) + (5,488) (5)}{4} = \frac{12,32}{4} = 3,08 \text{ kN}$$

$$MB^1 = DV \cdot 2 - DH \cdot 4 = (6,64) (2) - (3,08) (4) = 0,96 \text{ KN}$$

$$MC^1 = EV \cdot 2 - EH \cdot 4 = (5,68) (2) - (3,08) (4) = -0,96 \text{ KN}$$

**Gaya Melintang dan Gaya Normal**

Kemiringan kaki portal ;  $\text{tg } \alpha = 4/2 = 2 \rightarrow \alpha = 63^\circ 26'$

Pada titik D,

$$D_D = DV \cdot \cos \alpha - DH \cdot \sin \alpha$$

$$D_D = (6,64) \cdot \cos 63.261 - (3,08) \cdot \sin 63.261$$

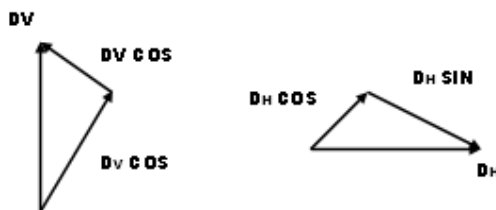
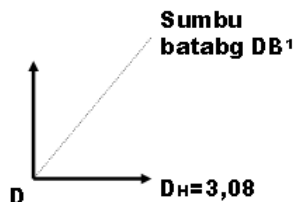
$D_V=6,64$

$$D_D = 2,790 - 2,755 = 0,215 \text{ kN}$$

$$N_D = - DV \cdot \sin \alpha - DH \cdot \cos \alpha$$

$$N_D = (6,64) \cdot \sin \alpha - (3,08) \cdot \cos \alpha$$

$$N_D = -5,94 - 1,38 = -7,32 \text{ kN}$$



Pada titik B<sup>1</sup> (batang DB<sup>1</sup>)

$$DB^1 \text{ kiri} = D_D = 0,215 \text{ kN}$$

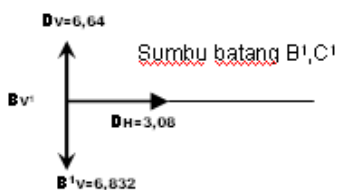
$$NB^1 \text{ kiri} = N_D = -7,32 \text{ KN.}$$

Pada titik B<sup>1</sup> (batang B<sup>1</sup>C<sup>1</sup>),

$$DB^1 \text{ kn} = DV - B_n^1$$

$$DB^1 \text{ kn} = 6,64 - 6,832 = -0,192 \text{ KN}$$

$$NB^1 \text{ kn} = -DH = -3,08 \text{ KN}$$



**Pada titik C' (batang B'C'),**

**DC' kiri = DB' kanan = - 0,192 kN**

**NC' kiri = NB' kanan = -3,08 kN**

**Pada titik C' (batang C'E),**

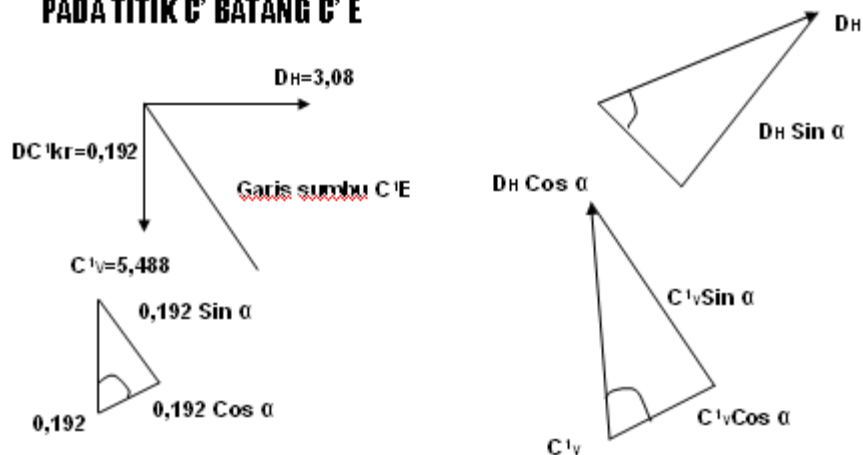
**DC' kanan = - (0,192) cos α - (5,488) cos α + (3,08) sin α**  
**Dc' kanan = - (0,86) - 2,454 + 2,755**

**Dc' kanan = + 0,215 kN**

**NC' kanan = - (0,192) sin α - (5,488) sin α + (3,08) cos α**

**Dc' kanan = - (0,172) - 4,912 - 1,377 = - 6,461 kN**

**PADA TITIK C' BATANG C' E**



**DC' kanan = - (0,192) cos α - (5,488) cos α + (3,08) sin α**

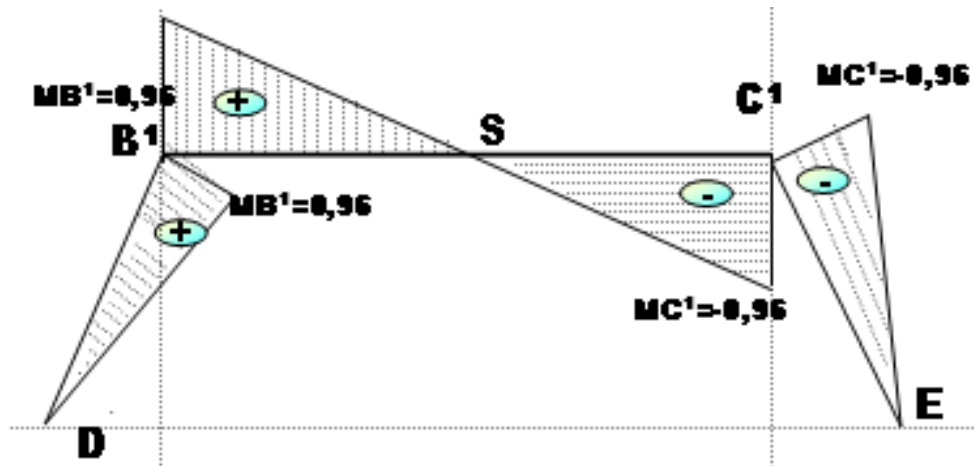
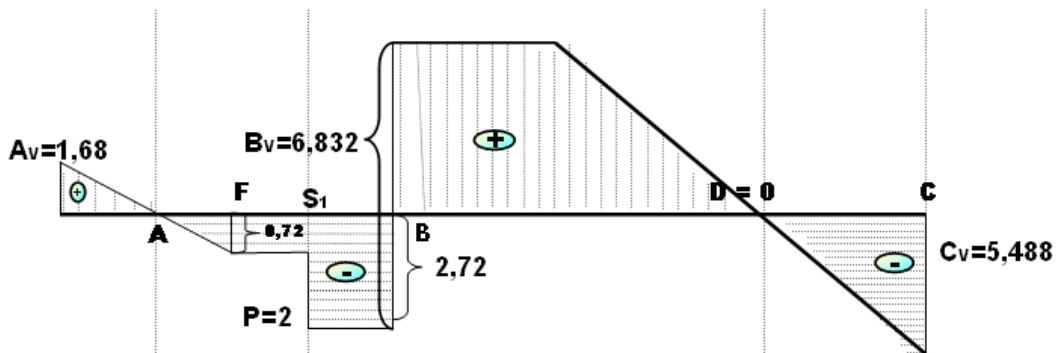
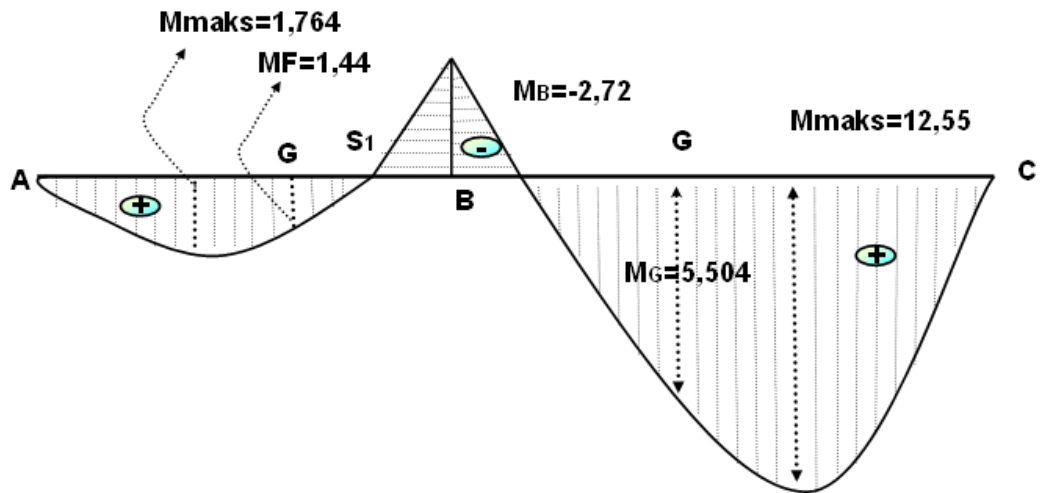
**Dc' kanan = - (0,86) - 2,454 + 2,755**

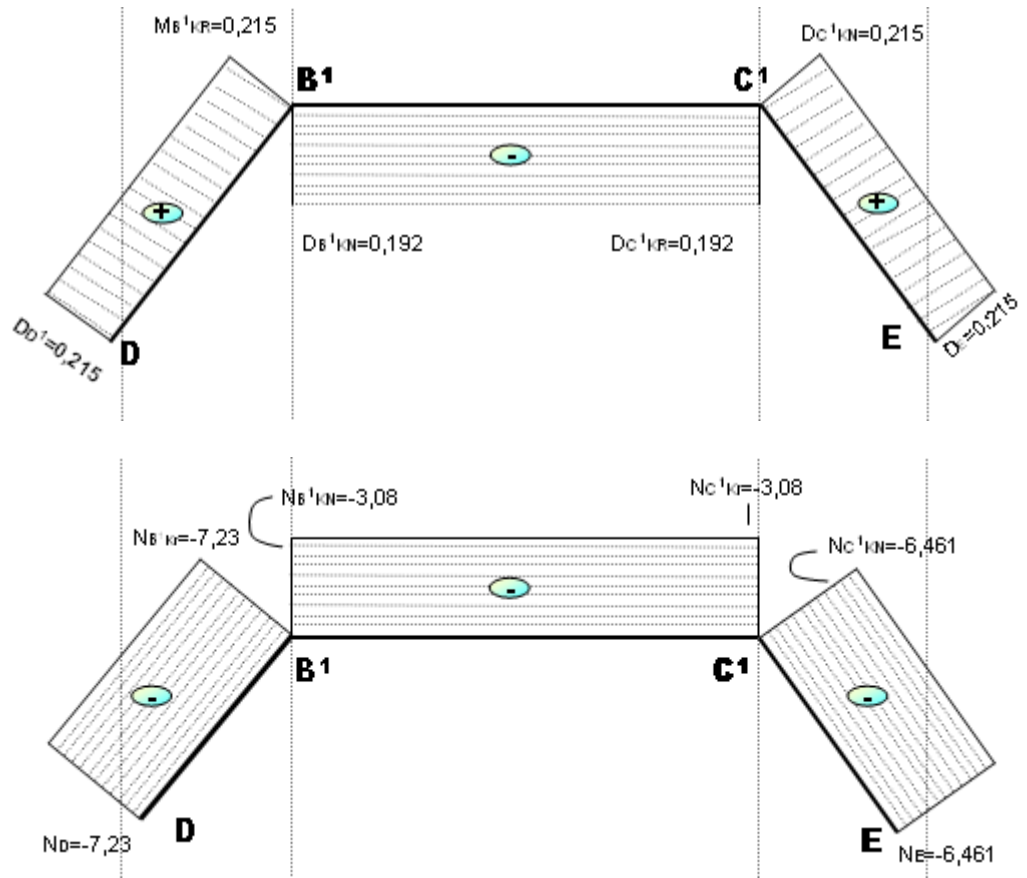
**Dc' kanan = + 0,215 kN**

**NC' kanan = - (0,192) sin α - (5,488) sin α + (3,08) cos α**

**Dc' kanan = - (0,172) - 4,912 - 1,377 = - 6,461 kN**

**BIDANG MOMEN (M), BIDANG D (SFD) DAN NORMAL (NFD)**





## BAB IV

### KONSTRUKSI RANGKA BATANG

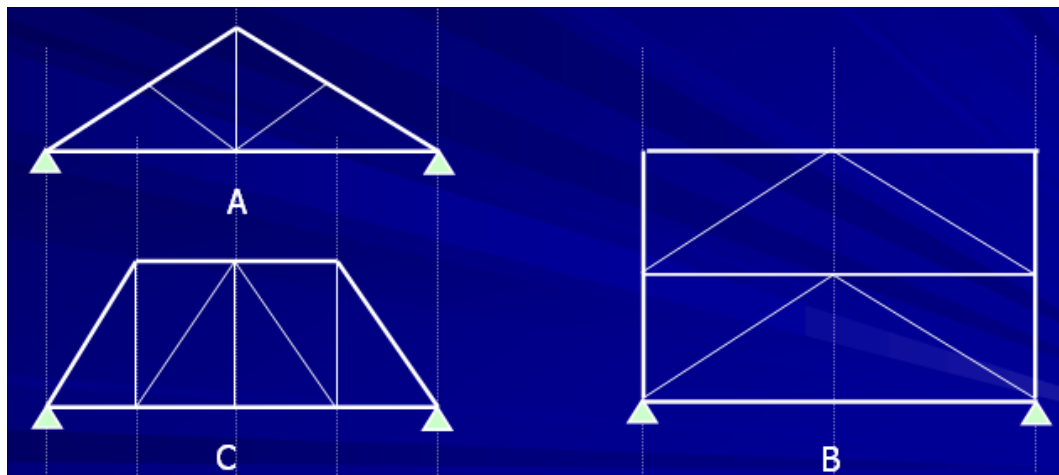
#### A. PENGERTIAN

Konstruksi rangka batang adalah suatu konstruksi yg tersusun atas batang-batang yang dihubungkan satu dengan lainnya untuk menahan gaya luar secara bersama-sama. konstruksi rangka batang ini dapat berupa konstruksi yang satu bidang datar dan atau dua bidang datar (ruang).

#### B. MACAM-MACAM KONSTRUKSI RANGKA BATANG

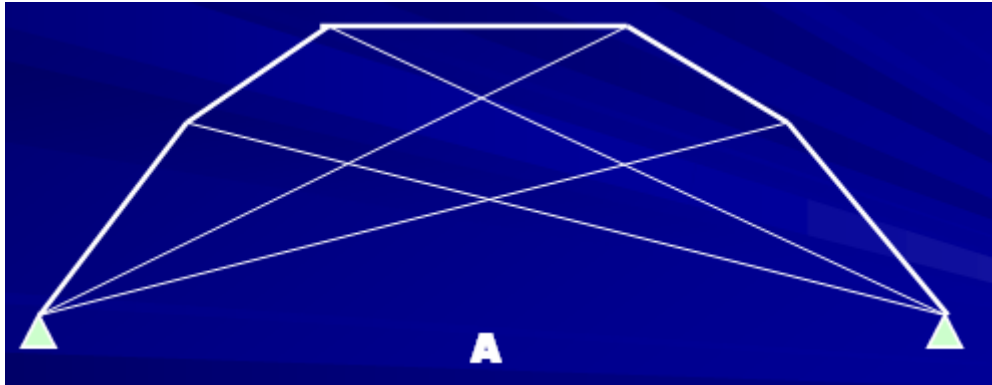
##### 1. Konstruksi rangka batang tunggal

Setiap batang atau setiap segitiga penyusunannya mempunyai kedudukan yang setingkat, konstruksi terdiri dari atas satu kesatuan yang sama (setara). contoh konstruksi rangka batang tunggal.

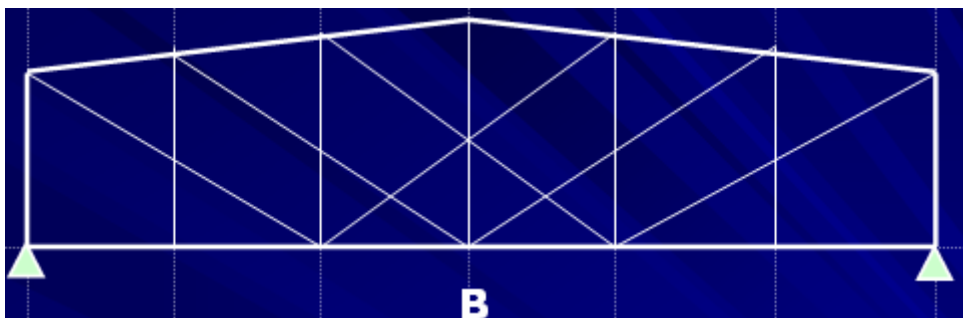


## 2. Konstruksi rangka batang ganda

Setiap batang atau setiap segitiga penyusunnya setingkat kedudukannya. akan tetapi konstruksi terdiri atas dua buah kesatuan konstruksi yang setara.



Gambar. konstruksi rangka ganda



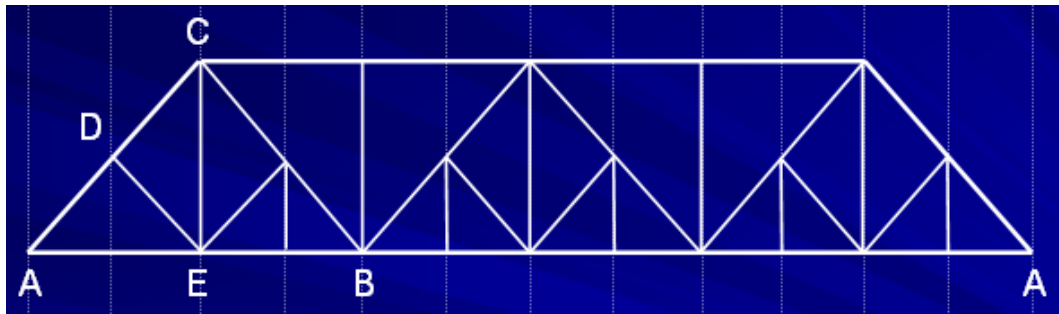
Gambar konstruksi rangka ganda

## 3. Konstruksi rangka batang tersusun.

kedudukan batang atau segitiga penyusun konstruksi ada beda tingkatannya, dengan kata lain, konstruksi terdiri atas konstruksi anak dan konstruksi induk.

segitiga ABC merupakan segitiga konstruksi induk; sedang segitiga ADE merupakan segitiga konstruksi anak.





Gambar konstruksi rangka tersusun

### C. KESTABILAN KONSTRUKSI

Konstruksi rangka batang tersusun atas beberapa segitiga. mengapa demikian? **karena bentuk segitiga adalah bentuk yg paling teguh dibanding dengan bentuk lain.** pada bentuk segitiga, perubahan tempat akibat adanya gaya luar lebih kecil dari pada bentuk yang lain.

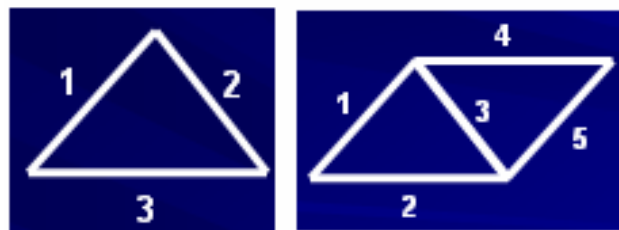
Hal inilah yang menjadikan bentuk segitiga menjadi lebih teguh dan karenanya bentuk segitiga dipakai sebagai komponen pembentuk konstruksi rangka batang.

Perubahan tempat  $CC'$  dihalangi oleh gaya tarik batang AC dan gaya tekan batang BC. sedang pada gambar dibawah, perubahan tempat  $CC'$  dan  $DD'$  hanya dihalangi oleh gaya tarik AC dan BD, tanpa ada penghalang gaya tekan. jadi jelaslah bahwa konstruksi rangka batang yang tersusun atas segitiga-segitiga merupakan susunan yg stabil (statis). disamping itu, konstruksi yang tersusun dari beberapa segitiga tidak menimbulkan tegangan didalam batang walaupun ada kesalahan ukuran dalam pelaksanaannya. konstruksi yang demikian disebut KONSTRUKSI STATIS TERTENTU

untuk mengetahui apakah konstruksi statis tertentu atau statis tidak tertentu dan atau labil, perlu suatu persamaan (formula) yang menyatakan hubungan antara banyaknya batang (S) dengan banyaknya titik buhul (K). misal persamaan itu adalah  $S = A K + B$  ; dengan A dan B adalah konstanta yang besarnya dicari sebagai berikut. perhatikan gambar dibawah.



Gambar SEGITIGA



**Untuk sebuah segitiga:**

$$S = A k + B$$

$$3 = A \cdot 3 + B \text{ atau } 3 A + B = 3 \dots(1)$$

untuk dua buah segitiga:

$$s = A k + B$$

$$5 = A \cdot 4 + B \text{ atau } 4 A + B = 5 \dots(2)$$

$$(2) : 4 A + B = 5$$

$$(1) : 3 A + B = 3$$

$$A = 2$$

**Persamaan (1) :**

$$3 = 3A + B$$

$$3 = 3(2) + B$$

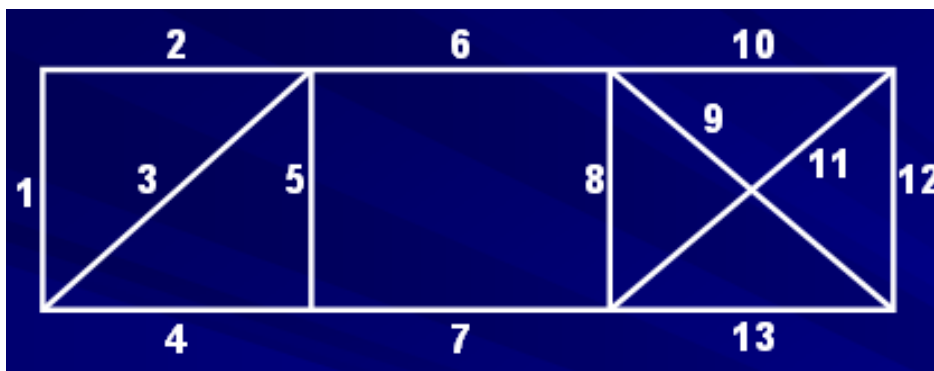
$$B = 3 - 6 = -3$$

jadi hubungan banyaknya batang (S) dengan banyaknya titik buhul (K) yang statis tertentu adalah

$$S = 2K - 3$$

Bila banyaknya batang pada suatu konstruksi lebih besar dari pada persamaan di atas, maka konstruksinya adalah statis tak tentu. Besarnya tingkat tidak tertentu ditunjukkan oleh kelebihan batang pada konstruksi tersebut. Sedangkan apabila banyaknya batang lebih kecil dari pada persamaan di atas, maka konstruksi tersebut labil.

#### CONTOH SOAL



Banyak Batang = 13

Banyaknya titik Buhul  $k = 8$

$$S = 2k - 3$$

$$S = 2 \cdot (8) - 3 = 13 \text{ (Sesuai)}$$

Banyaknya batang memenuhi syarat persamaan. Akan tetapi konstruksi tersebut labil. Hal ini disebabkan batang 5, 6,7 dan 8 berbentuk segi empat. Sedang pada susunan yang lain kelebihan batang. Oleh karena itu perlu diperhatikan penempatan batang dalam konstruksi sehingga diperoleh susunan yang statis (tidak labil)

Dalam perhitungan gaya batang pada konstruksi rangka batang Menggunakan METODE CREMONA, RITTER, CULLMAN etc. Anggapan dalam perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Garis sumbu batang bertemu pada sebuah titik simpul berupa sendi, dengan anggapan ini berarti pada titik temu batang (titik simpul) tidak terjadi momen dan batang hanya mengalami gaya aksial tekan dan tarik. Pada struktur beton, titik sendi bukan engsel, akan tetapi justru lebih dekat dengan jepit. Oleh karena itu perlu diperhatikan adanya pengaruh momen yang timbul pada titik buhul terhadap kenaikan tegangan batang. Lebih-lebih bila beban yang bekerja tidak simetri, kenaikan tegangan akibat momen itu semakin besar.
2. Beban dianggap hanya bekerja pada titik buhul. Dalam kenyataannya beban dapat bekerja diantara titik buhul yang jelas berat sendiri batang merupakan beban merata sepanjang batang. Bila beban yang bekerja tidak pada titik buhul, maka beban itu dilimpahkan ke titik buhul, sehingga anggapan ini terpenuhi.
3. Garis sumbu batang harus berupa garis lurus. Pada konstruksi rangka batang yang melengkung, batang akan mengalami momen disepanjang

batangnya. Akan tetapi dalam perhitungannya dianggap lurus (sumbu lurus).

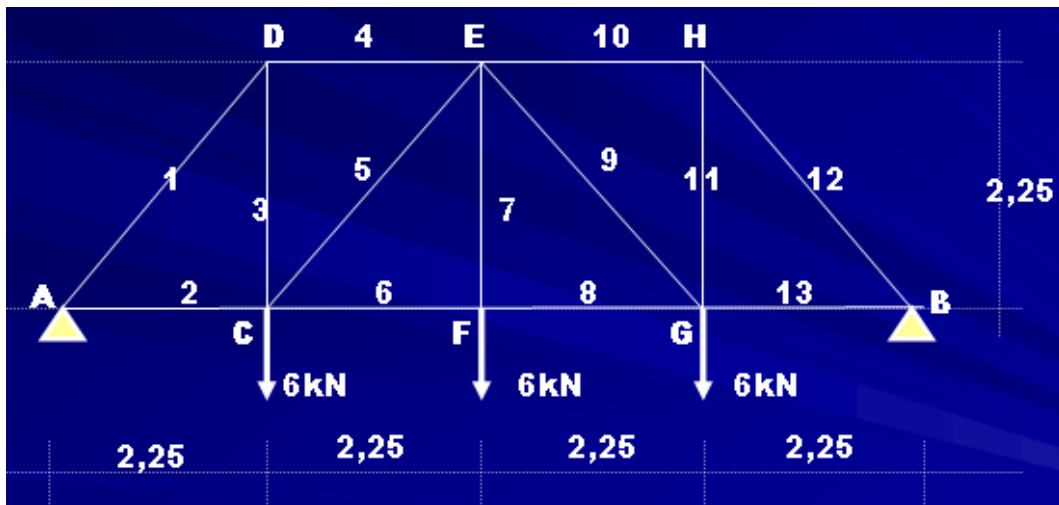
#### **D. METODE KESEIMBANGAN TITIK BUHUL**

Cara keseimbangan titik buhul dan metode potongan. Kedua cara tersebut dapat dilakukan dengan secara grafis dan analitis. Cara pertama dengan grafis disebut dengan **METODE CREMONA**. Sedangkan cara kedua (Analitis) dilakukan dengan metode **RITTER**, yang dilakukan dengan secara grafis dinamakan dengan metode **CULLMANN**.

Cara Analitis, tata cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Gaya diuraikan menjadi dua arah saling tegak lurus.
2. Arah gaya sebelum dan sesudah diketahui besar dan arahnya dianggap meninggalkan titik buhul, tandan aljabar plus (+) dan (-) tetap diikutsertakan.
3. Gaya batang tarik (meninggalkan titik buhul) (+), tekan (menuju titik buhul) (-).
4. Hitungan dilakukan pada titik buhul yang maksimum dua buah gaya yang belum diketahui.
5. Pilihlah  $\Sigma G_x$  dan  $\Sigma G_y$

Sebuah konstruksi rangka batang seperti gambar dibawah, akan dihitung besarnya gaya batang dengan metode keseimbangan titik buhul secara analitis



yang pertama kali dihitung adalah reaksi tumpuan. mungkin dalam konstruksi tertentu (seperti pada OVERSTEEKS).

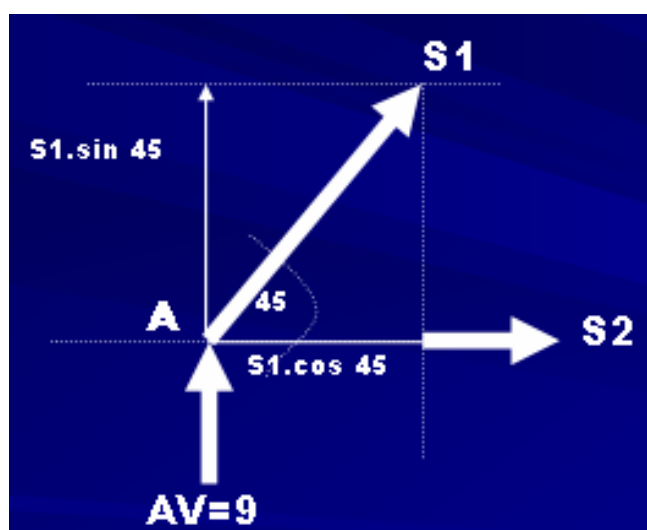
$$\sum MB = 0 ; A_v (9) - 6(6,75) - 6(4,5) - 6(2,25) = 0$$

$$A_v = \frac{40,5 + 27 + 13,5}{9} = \frac{81}{9} = 9 \text{ kN}$$

karena simetri maka  $BV = AV = 9 \text{ KN}$

### Perhitungan Gaya Dalam

Titik Buhul A,  $\sum Gy = 0 ;$



$$A_v + S_1 \sin 45^\circ = 0$$

$$S_1 = \frac{-9}{1/2\sqrt{2}} = -12,73 \text{ KN} \quad (\text{BATANG 1 TEKAN})$$

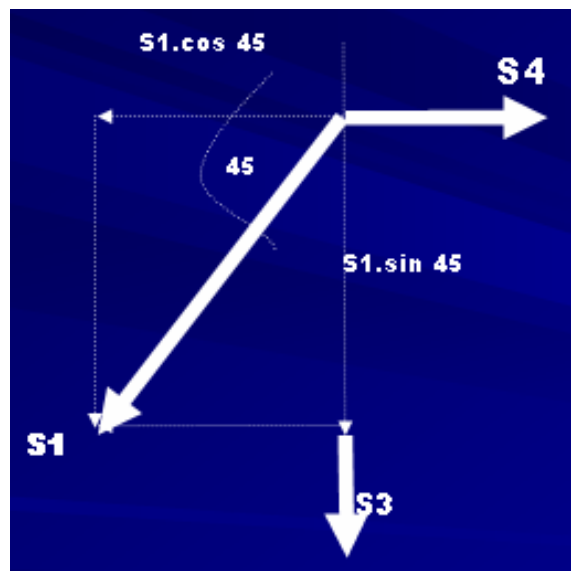
$$\sum G_x = 0 ;$$

$$S_2 + S_1 \cos 45^\circ = 0$$

$$S_2 = - S_1 \cos 45^\circ$$

$$S_2 = - (- 12,73) (\frac{1}{2}\sqrt{2}) = 9 \text{ kN} \quad (\text{BATANG 2 TARIK})$$

**Titik buhul D**



$$\sum G_x = 0 \text{ ----- } S_1 \cos 45^\circ + S_4 = 0$$

$$S_4 = S_1 \cos 45^\circ \text{ ---- } S_4 = - 12,73 (\frac{1}{2}\sqrt{2}) = - 9 \text{ kN} \quad (\text{batang 4 tekan})$$

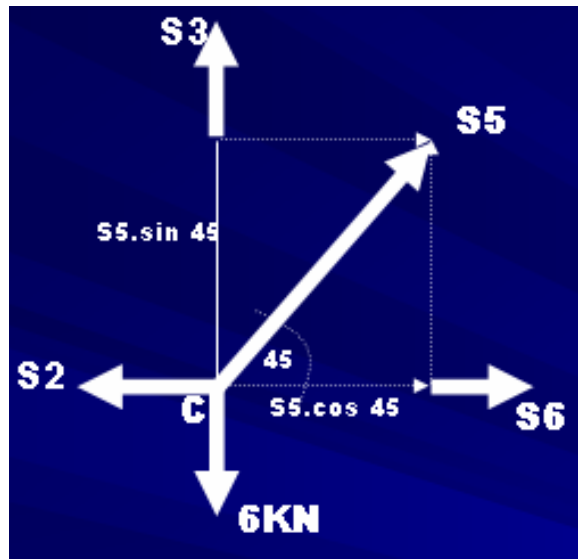
$$\sum G_y = 0 ;$$

$$-S_1 \sin 45^\circ - S_3 = 0$$

$$S_3 = - S_1 \sin 45^\circ$$

$$= - (12,73) (\frac{1}{2}\sqrt{2}) = 9 \text{ kN} \quad (\text{BATANG 3 TARIK})$$

### Titik buhul C



$$\sum G_y = 0 ;$$

$$S_3 + S_5 \sin 45^\circ - 6 = 0$$

$$S_5 \sin 45^\circ = -S_3 + 6$$

$$S_5 = \frac{-S_3 + 6}{\sin 45^\circ} = \frac{-9 + 6}{\frac{1}{2}\sqrt{2}} = -4,2 \text{ kN} \quad (\text{BATANG 5 TEKAN})$$

$$\sum G_x = 0$$

$$-S_2 + S_6 + S_5 \cos 45^\circ = 0$$

$$S_6 = S_2 - S_5 \cos 45^\circ$$

$$S_6 = 9 - (-4,2) \frac{1}{2}\sqrt{2} = 12 \text{ kN. (BATANG 6 TARIK)}$$

### Titik buhul F





$$\sum G_y = 0 \text{ ----- } S_7 - 6 = 0$$

$S_7 = 6 \text{ kN. (BATANG 7 TARIK)}$

$$\sum G_x = 0$$

$$- S_6 + S_8 = 0$$

$S_8 = S_6 = 12 \text{ kN (BATANG 8 TARIK)}$

**Karena konstruksi pembebanannya simetri, maka :**

$$S_9 = S_5 \qquad S_{12} = S_1$$

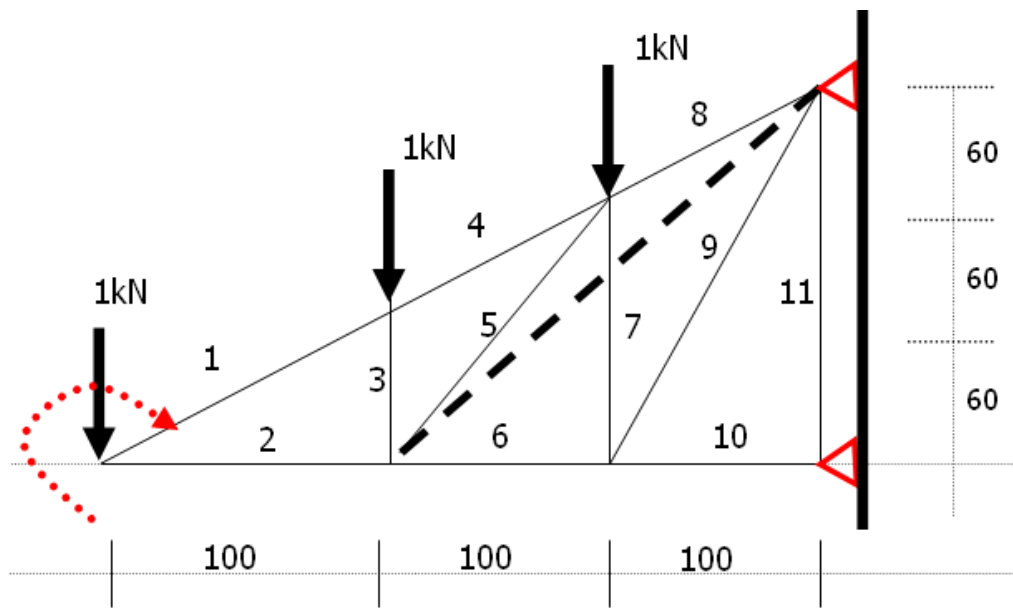
$$S_{10} = S_4 \qquad S_{13} = S_2$$

$$S_{11} = S_3$$

NOMOR BATANG	GAYA BATANG [kN]	
	TARIK [ + ]	TEKAN [ - ]
1		12,73
2	9,0	
3	9,0	
4		9,0
5		4,2
6	12,0	
7	6,0	
8	12,0	
9		4,2
10		9,0
11	9,00	
12		12,73
13	9,00	

## E. METODE CREMONA

Sebuah konstruksi rangka batang seperti gambar dibawah akan dihitung besar dan jenis gaya batangnya dengan metode cremona



dalam konstruksi ini besarnya reaksi dapat dihitung terakhir. Urutan lukisan kutub

Titik C : (1kN) – 1 - 2

Titik D : (1) – (1 kN) – 4 – 3

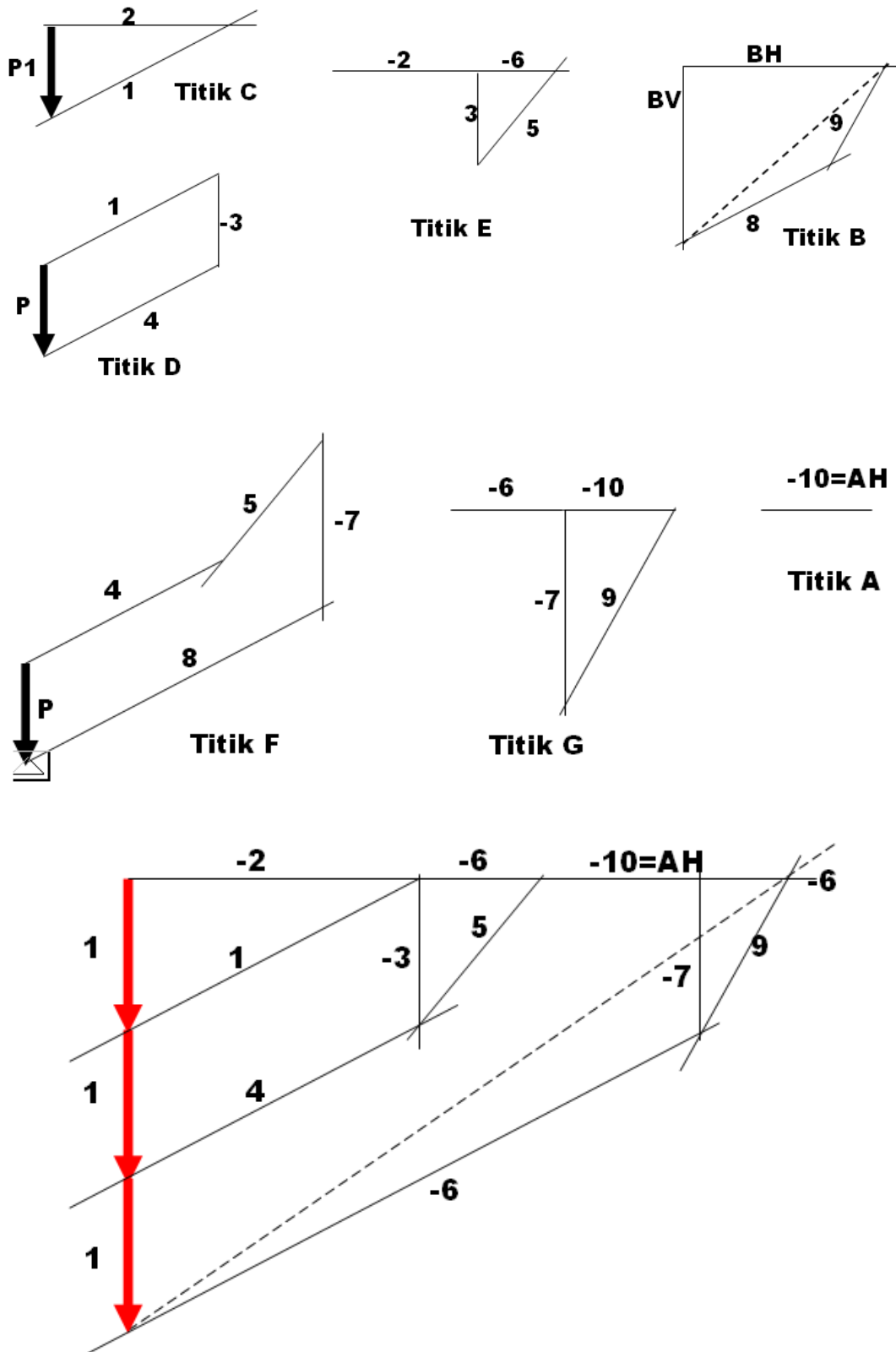
Titik E : (2) – (3) – (5) –(6)

Titik F : (5) – (4) – (1kN) – (8) – (7)

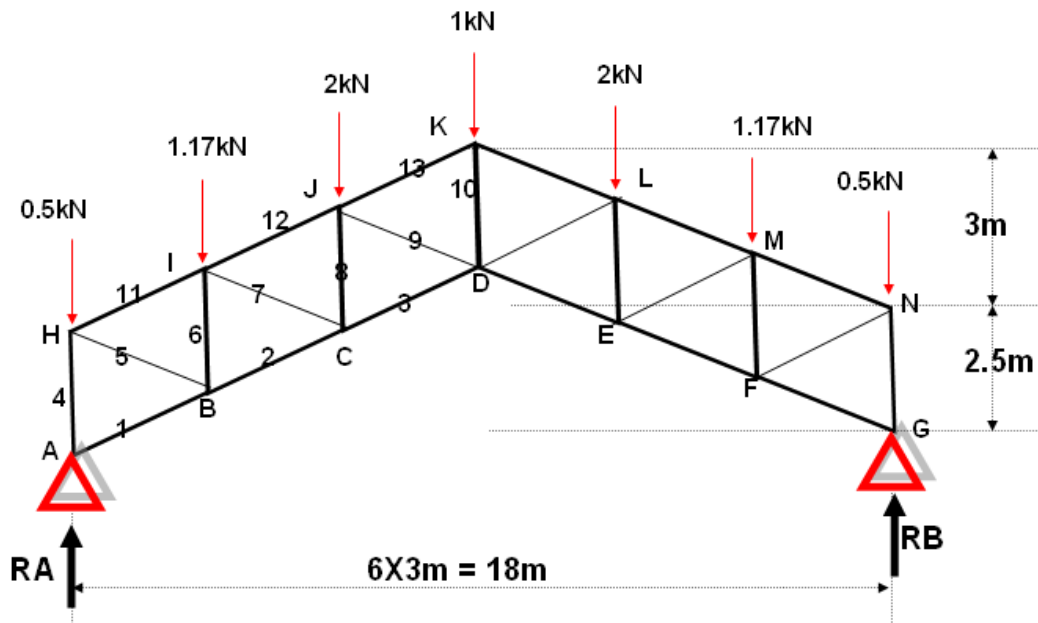
Titik G : (6) – (7) –(9) – (10)

Titik A : (10) – (11) – (AH)

Titik B : (11) – (9) – (8) – (RB) – (BV) – (BH)



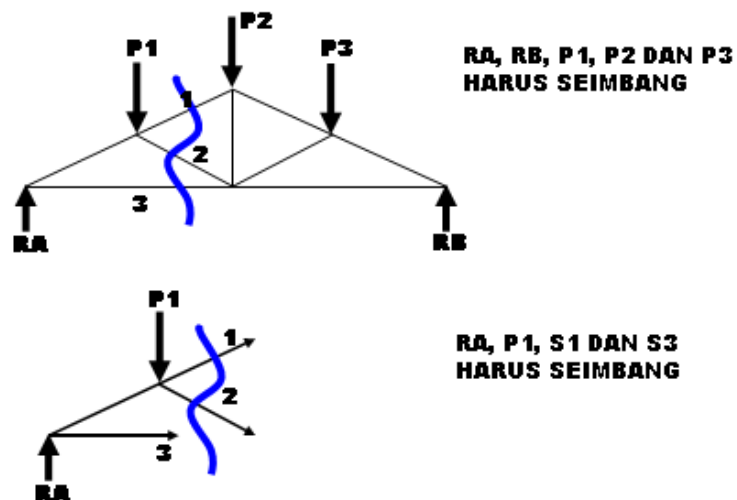
Tata cara penggambaran dengan METODE CREMONA

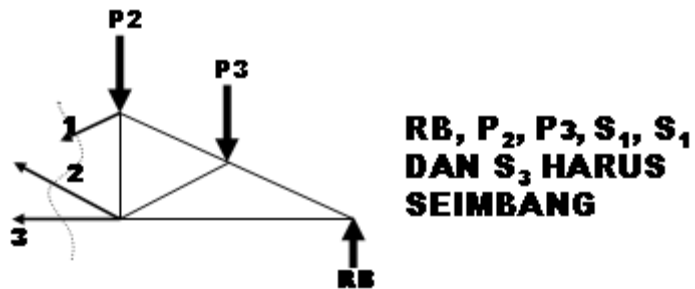


#### F. METODE POTONGAN

suatu konstruksi yang seimbang bila di potongan pada sembarang bagian konstruksi maka bagian sebelah kiri akan mengadakan keseimbangan dengan gaya-gaya yang ada, demikian juga potongan pada sebelah kanan.

Dengan Prinsip Itu, Ritter menghitung gaya batang secara analitis dan Cullmann secara grafis





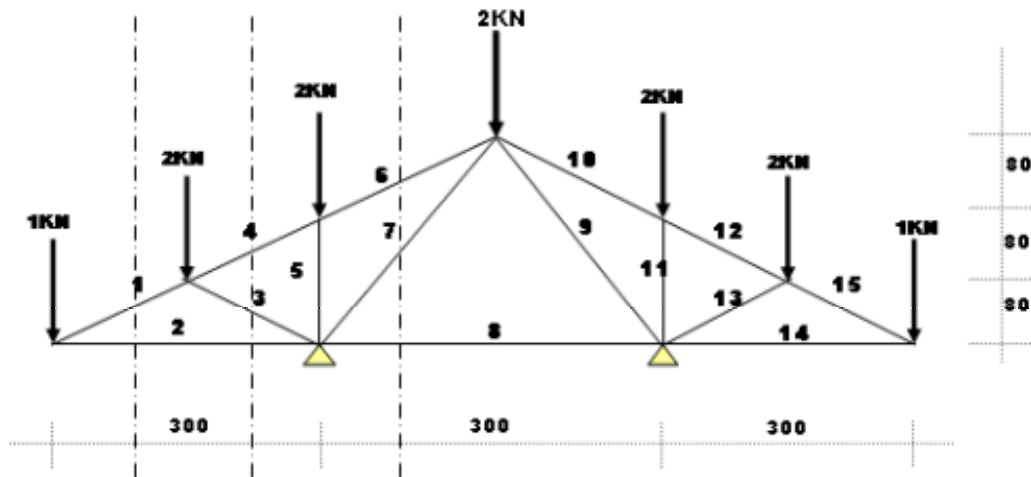
### G. METODE RITTER

Gaya batang yang dibayangkan dipotong hendaknya jangan lebih dari tiga buah batang yang belum diketahui besar gayanya untuk memudahkan menentukan tarik dan tekan pada batang, maka gaya batang sebelum maupun sesudah diketahui arahnya dimisalkan meninggalkan titik buhulnya, akan tetapi tanda positif dan negatif gaya terus diikuti sertakan dalam perhitungan.

**Langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:**

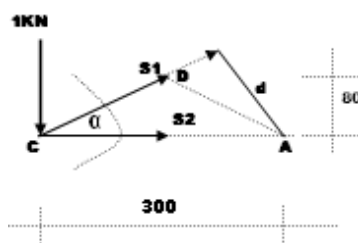
1. Pilihlah titik pusat momen sedemikian sehingga hanya sebuah gaya yang belum diketahui besarnya tidak melewati pusat momen tersebut
2. Gaya batang dinyatakan tarik bila arah gaya batangnya meninggalkan titik buhul. sedang gaya batang dinyatakan tekan bila arah gaya batang menuju pada titik buhulnya

## CONTOH SOAL



Karena konstruksi dan bebannya simetri maka besar  $R_A$  dan  $R_B$  sama yaitu sama dengan setengah dari jumlah bebannya yaitu  $= \frac{1}{2} (1+2+2+2+2+2+1) = 6 \text{ kN}$ .

### POTONGAN A - A



#### Jarak $d$ ,

$$\text{tg } \alpha = 80/150 = 0,5333$$

$$\alpha = 28^\circ$$

$$d = CA \sin \alpha = 300 \sin 28^\circ$$

$$d = 141 \text{ cm}$$

$$\sum MD = 0$$

$$(-1)(150) - S_2(80) = 0 ; S_2 = \frac{150}{80} = -1,875 \text{ kN}$$

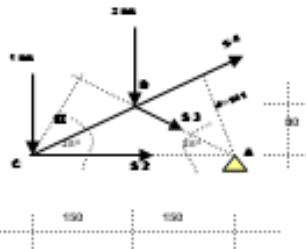
**(batang 2 tekan)**

$$\sum M_A = 0$$

$$(-1)(300) + S_1 \cdot d = 0; \quad S_1 = \frac{300}{141} = 2,13 \text{ kN}$$

(batang 1 tarik)

### POTOGAN B - B



$$\sum M_A = 0$$

$$(-1)(300) + S_4 \cdot d - (2)(150) = 0$$

$$S_4 = \frac{300+300}{141} = 4,25 \text{ kN}$$

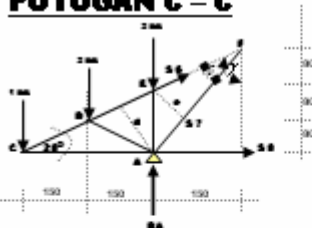
(batang 4 tarik)

$$\sum M_C = 0$$

$$(2)(150) + S_3 \cdot d = 0; \quad S_3 = \frac{-300}{141} = -2,13 \text{ kN}$$

(batang 3 tekan)

### POTOGAN C - C



### Jarak e,

$$EF = \sqrt{80^2 + 150^2} = 170 \text{ cm}$$

$$\gamma = 180^\circ - 90^\circ = 62^\circ$$

$$\text{tg } \beta = \frac{150}{240} = 0,625$$

$$\beta = 32^\circ$$

$$\delta = \gamma - \beta = 62^\circ - 32^\circ = 30^\circ$$

$$e = EF \sin 30^\circ = 170 \sin 30$$

$$e = 85$$

$$\sum M_F = 0$$

$$(-1) \cdot (450) - (2) \cdot (300) - (2) \cdot (150) + R_A (150) - S_8 (240) = 0$$

$$- S_8 (240) = 450 + 600 + 300 - 6 (150)$$

$$S_6 = \frac{1350 - 900}{-240} = -\frac{450}{240} = -1,875 \text{ kN} \quad (\text{batang 8 tekan})$$

$$\sum MA = 0$$

$$(-1)(300) - (2)(150) + S_6(141) = 0$$

$$S_6(141) = 300 + 300 ; \quad S_6 = \frac{600}{141} = 4,25 \text{ kN}$$

(batang 6 tarik)

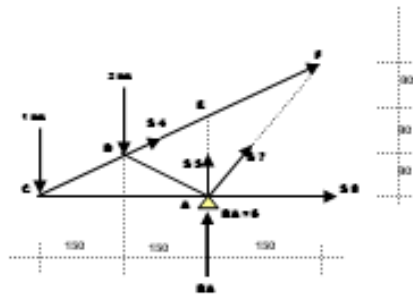
$$\sum ME = 0;$$

$$(-1)(300) - (2)(150) - S_8(160) - S_7(85) = 0$$

$$S_7(85) = -300 - 300 - (-1,875)(160)$$

$$S_7 = \frac{-600 + 300}{85} = \frac{-300}{85} = -3,53 \text{ kN} \quad (\text{batang 7 tekan})$$

### POTOGAN D - D



$$\sum M_F = 0$$

$$(-1)(450) - (2)(300) + (6)(150) - (S_8)(240) + S_5(150) = 0$$

$$S_5(150) = 450 + 600 - 900 - 450$$

$$S_5 = \frac{-300}{150} = -2,00 \text{ kN} \quad (\text{batang 5 tekan})$$



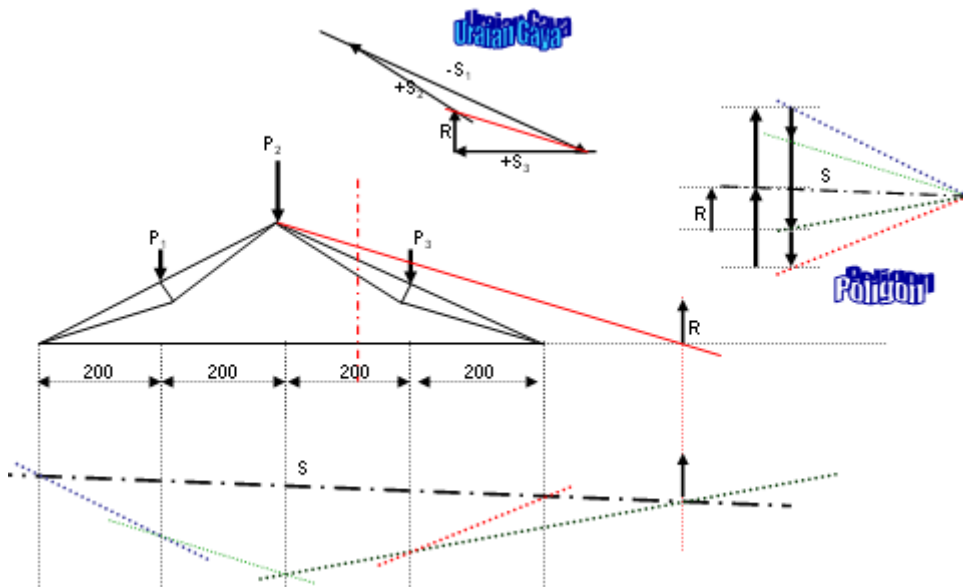
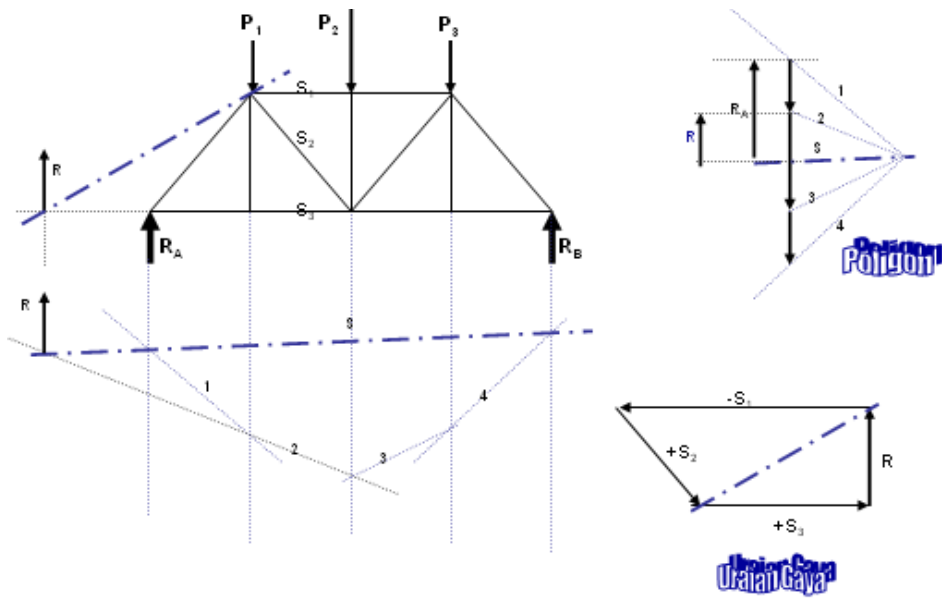
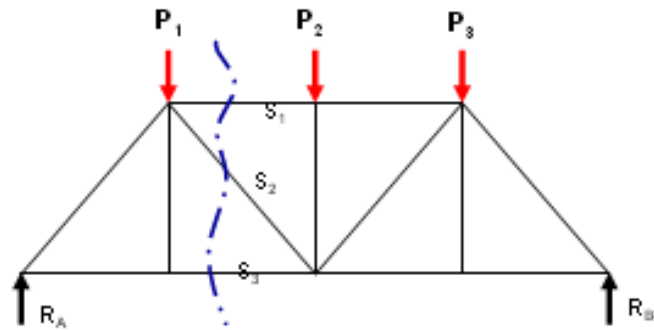
NOMOR BATANG	GAYA BATANG	
	TARIK	TEKAN
1 = 15	2,13	
2 = 14		1,875
3 = 13		2,130
4 = 13	4,25	
5 = 11		2,000
6 = 10	4,25	
7 = 9		3,530
8		1,875

## H. METODE CULLMAN

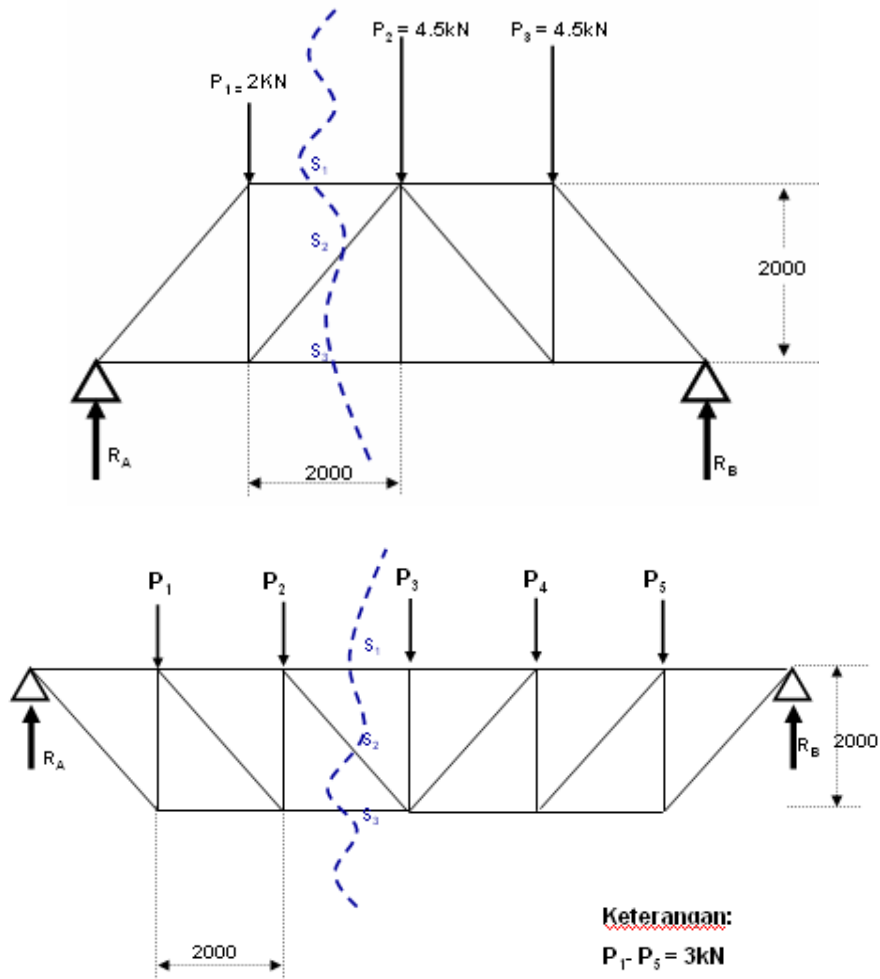
Beberapa Hal yang perlu diperhatikan dalam menghitung gaya batang dengan menggunakan metode CULLMANN:

1. Gambar Harus di Skala dengan Tepat
2. Batang yang dipotong maksimum 3 buah yang belum diketahui
3. Gaya Batang tarik (meninggalkan), tekan (menuju) titik buhul
4. Potonglah batang yang akan dihitung besar gayanya dan pilihlah potongan sebelah kiri/sebelah kanan. Pilihlah bagian potongan yang paling sedikit melibatkan gaya. Untuk konstruksi seperti gambar di bawah, pilihlah potongan pada sebelah kiri, batang (1,2, dan 3)
5. Carilah besar, arah dan letak resultan gaya luar (P1 dan RA).
6. Uraikan gaya resultan R tersebut menjadi gaya batang S1, S2 dan S3. Cara menguraikan gaya tersebut adalah (1) carilah titik potong garis kerja resultan R dengan salah satu garis kerja gaya batang, misalnya dalam hal ini dipilih gaya S3. (2) carilah titik potong dua garis kerja gaya batang yang lain (S1 dan S2). Hubungkan kedua titik potong tersebut. Garis ini merupakan garis kerja persekutuan batang S1 dan S2. (3) Lukislah uraian gaya dari sebuah gaya R menjadi dua buah gaya, yaitu batang S3 dan S1,S2. (4) setelahnya gaya S1,S2 diuraikan menjadi gaya batang S1,S. Dengan demikian ketiga gaya batang telah diketahui besar dan arahnya/jenisnya.

# CONTOH SOAL



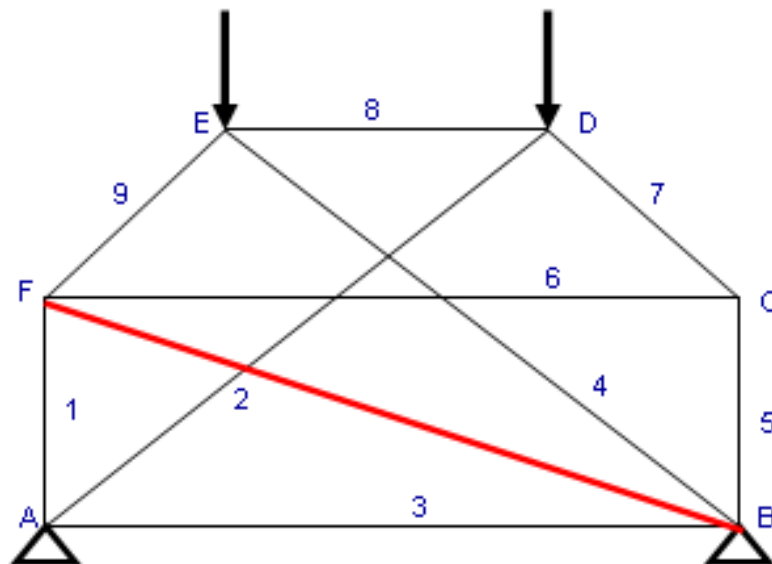
**SOAL UNTUK DIKERJAKAN**



## I. METODE HENNEBERG

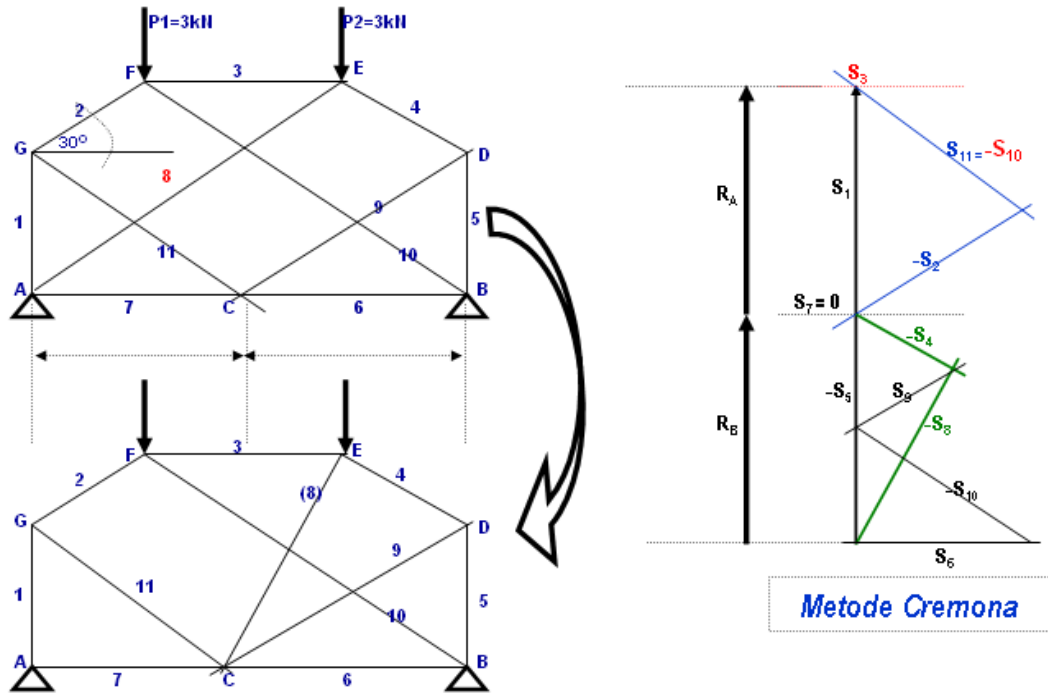
Apabila metode keseimbangan titik buhul dan metode potongan tidak dapat untuk menghitung besarnya gaya batang secara langsung. Metode Tukar Batang----Langsung ke TKP.

Agar dapat dihitung dengan metode keseimbangan (titik buhul/potongan), maka salah satu batang ditukar sehingga kedua metode tersebut dapat digunakan untuk menghitung gaya batang.

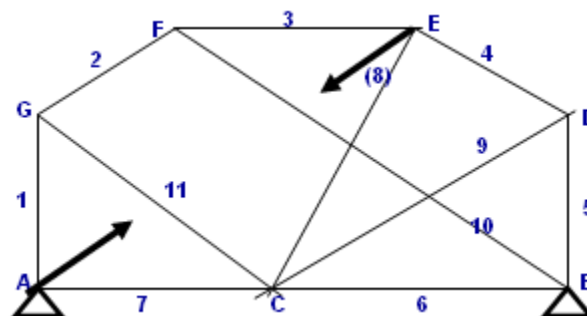


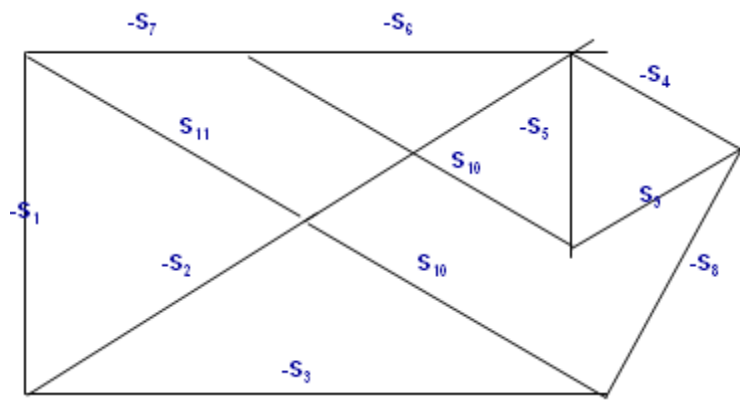
### CONTOH PERHITUNGAN

$A = R_A, S_1, S_7$	$E = P, S_3, S_{(8)}, S_4$
$G = S_1, S_{11}, S_2$	$D = S_4, S_5, S_9$
$F = P, S_2, S_{10}, S_3$	$B = R_B, S_5, S_{10}, S_6$



$A = P, S_7, S_{11}$	$E = S_3, S_{(8)}, S_4$
$G = S_1, S_{11}, S_2$	$D = S_4, S_5, S_9$
$F = S_2, S_{10}, S_3$	$B = S_5, S_{10}, S_6$





## J. DEFLEKSI PADA RANGKA BATANG

Akibat aksi (gaya luar), komponen batang mengalami *deformasi* (perubahan bentuk). Akibat deformasi titik buhul mengalami *displacement* (perubahan tempat) baik arah vertikal maupun horizontal yang juga disebut defleksi vertikal dan atau horizontal.

Metode menghitung defleksi pada rangka batang :

1. Metode “Unit-load”
2. Metode “Angel-weights”
3. Metode “Joint-displacement”
4. Metode grafis dari Williot-Mohr

### METODE “UNIT-LOAD”

prinsip metode unit-load adalah defleksi pada suatu titik buhul rangka batang dapat dihitung dengan memasang beban satu satuan (unit-load) pada tempat tersebut dengan arah gaya sesuai dengan arah defleksi yang akan dicari. dasar teori metode ini adalah hukum kekekalan energi (*conservation of energy*) yang formulanya adalah

$$1 (\Delta) = \sum s \Delta L$$

$\Delta$  : adalah defleksi pada suatu tempat

S : adalah gaya batang pada beban *UNIT-LOAD*

$\Delta L$  : adalah perubahan panjang pada elemen batang

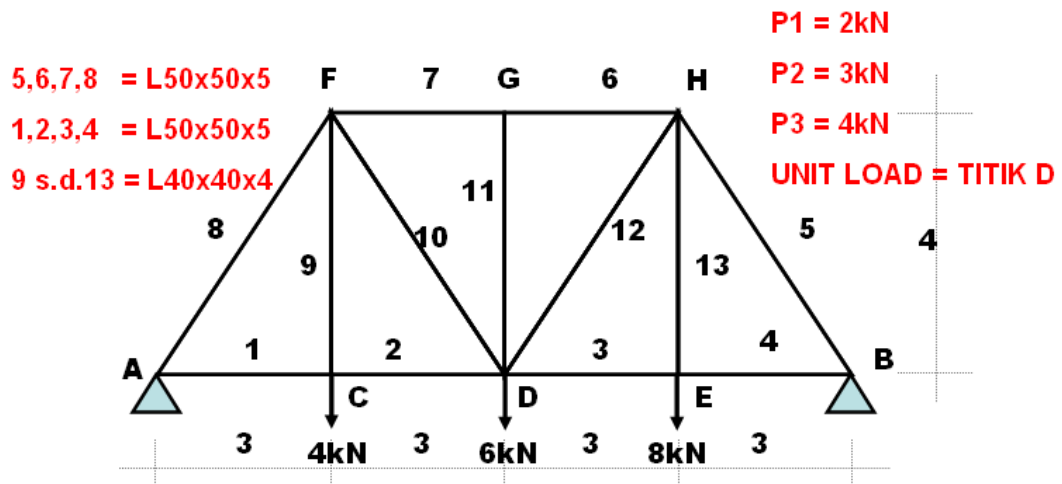
$\Delta L$  dapat terjadi akibat adanya gaya, perubahan suhu dan kesalahan pembuatan.



### CONTOH:

hitunglah defleksi vertikal dititik C pada konstruksi rangka batang dibawah

ini. bahan rangka batang dari baja dengan  $e = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPA}$



untuk mempermudah perhitungan dibuat dalam bentuk tabel dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. kolom satu adalah nomor batang. pemberian nomor bebas yang penting mudah dimengerti.
2. Kolom dua berisi panjang setiap elemen (l). batang mendatang dan vertikal sudah diketahui panjangnya, sedang batang miring dihitung dengan rumus pythagoras. satuannya dalam m, cm or mm
3. kolom tiga berisi luas penampang elemen batang (A). besaran ini sudah diketahui dalam soal, satuannya  $\text{cm}^2$ .
4. Kolom empat adalah besar gaya Batang (S) Pada beban kerja 4 kN, 6 kN, dan 8 kN di titik C, D dan E. GAYA batang ini dapat dihitung dengan cara cremona atau cara lain, satuannya kN.

5. Kolom lima adalah gaya batang ( S ) pada beban 1 satuan (UNIT-LOAD) dititik C vertikal kebawah. gaya batang ini dapat dicari dengan cara cremona atau lainnya.
6. kolom enam adalah pertambahan panjang batang ( $\Delta L$ ) yang rumusnya adalah

$$\Delta L = \frac{S.L}{A.E}$$

7. Kolom tujuh adalah perkalian antara kolom lima dan kolom enam
8. Jumlah angka pada kolom tujuh adalah besarnya defleksi vertikal pada titik C.

#### **CATATAN**

bila akan mencari defleksi horisontal dititik C, maka unit-load (langkah lima) arahnya dibuat horisontal. Bila akan mencari defleksi vertikal di d, maka unit-load dipasang di D vertikal sehingga hanya kolom lima, enam dan tujuh saja yang berubah.

No batang	Panjang (mm) (L)	Luas (mm <sup>2</sup> ) (A)	Gaya batang pada (N)		$\Delta L = \frac{S.L}{A.E}$	s ( $\Delta L$ )
			Beban kerja S	Beban unit s		
1	2	3	4	5	6	7
1	3000	15	6000	0.5625	5.714	3.2143
2	3000	15	6000	0.5625	5.714	3.2143
3	3000	15	7500	0.1875	7.143	1.3393
4	3000	15	7500	0.1875	7.143	1.3393
5	5000	38	-12500	-0.3125	-7.832	2.4475
6	3000	30	-9000	0.375	-4.286	-1.6071
7	3000	30	-9000	0.375	-4.286	-1.6071
8	5000	38	-10000	0.9375	-6.266	-5.8741
9	4000	24	4000	1	3.175	3.1746
10	5000	18	5000	-0.3125	6.614	-2.0668
11	4000	24	0	0	0.000	0.0000
12	5000	18	2500	0.3125	3.307	1.0334
13	4000	24	8000	0	6.349	0.0000
						4.6075

Defleksi vertikal :  $\Delta v_c = \sum s \cdot \Delta L = 4.608 \text{ mm}$

## DAFTAR PUSTAKA

- F. P. Beer and E. R. Johnston Jr., 2007. *Vector Mechanics for Engineers: Statics, SI Metric Edition, Mcgraw-hill, 3rd Edition.*
- R. C. Hibbeler, 2009. *Engineering Mechanics, 7th - 10th Edition, Person Prentice-Hall.*
- R. C. Hibbeler, 2009 *Mechanics of Material, 3th Edition, Person Prentice-Hall.*
- Suparman. 2009. *Mekanika Teknik II. Universitas Negeri Yogyakarta*
- Soelarso. 2011. Modul Analisis Struktur I. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.