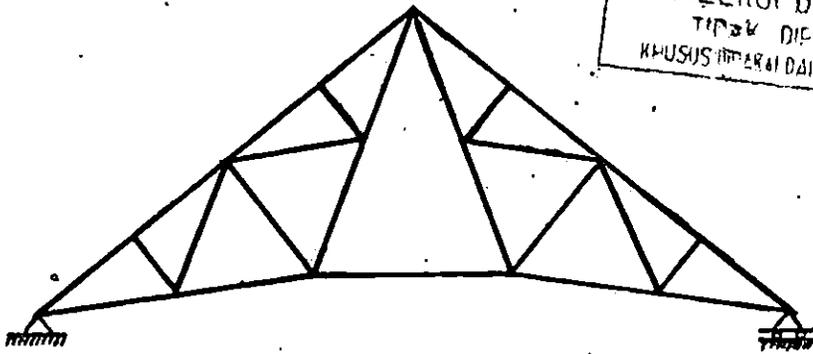


137/HD/88

# MEKANIKA TEKNIK BANGUNAN

## RANGKA BATANG

### KONSTRUKSI STATIS TERTENTU



PERPUSTAKAAN IKIP PADANG  
KOLEKSI BIDANG ILMU  
TIDAK DIPINJAMKAN  
KHUSUSNYA DALAM PERPUSTAKAAN

Disusun oleh :

*Drs. Raimon Kopa*



FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN  
IKIP PADANG

1986

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
IKIP PADANG

## KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa, penulis telah dapat menyusun buku Mekanika Teknik Bangunan dengan topik - pembahasan Rangka Batang Konstruksi Statis Tertentu.

Tujuan penulisan buku ini, disamping untuk melengkapi i buku-buku Mekanika Teknik yang dirasakan masih kurang pa da saat ini, juga untuk membantu mahasiswa jurusan Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Pendidikan Teknolgi dan Kejuruan IKIP Padang dalam mengikuti/memahami sebagian dari materi mata kuliah Mekanika Teknik Bangunan II pada semester 4.

Dalam buku ini penulis hanya menguraikan teori dan - contoh soal tentang metoda keseimbangan titik buhul, metoda cremona, metoda ritter, dan metoda culman. Dan mudah-mudahan pada buku berikutnya akan lebih dilengkapi lagi.

Kemudian penulis juga menyadari, bahwa dalam penyusunan buku ini masih banyak kekurangan serta masih jauh dari yang kita harapkan bersama. Ini disebabkan masih terbatasnya sarana yang mendukung, waktu yang tersedia dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis sangat mengharapkan sekali saran dan kritikan dari pembaca, sehingga dalam penerbitan berikutnya akan memperoleh hasil yang lebih baik.

Padang, Desember 1986.

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Pengertian Rangka Batang .....	1
B. Jenis Dan Bentuk Rangka Batang .....	3
C. Ketentuan/Anggapan Dasar Rangka Batang ...	6
D. Ketentuan Statis Konstruksi Rangka Batang.	10
BAB II METODA KESEIMBANGAN TITIK SIMPUL	
A. Dasar Perhitungan .....	12
B. Cara Analitis .....	13
C. Cara Grafis .....	15
D. Contoh Perhitungan .....	17
BAB III METODA CREMONA	
A. Dasar Perhitungan .....	29
B. Contoh-Contoh Perhitungan .....	29
BAB IV METODA RITTER	
A. Dasar Perhitungan .....	36
B. Contoh-Contoh Perhitungan .....	37
BAB V METODA CULMAN.	
A. Dasar Perhitungan .....	41
B. Contoh-Contoh Perhitungan .....	42
DAFTAR PUSTAKA .....	46

NO	21-10-1987
DITERIMA	Gladiak
SUMBER	K1
KETERANGAN	137/2004/00 (2)
NO	620.103 KOP m0

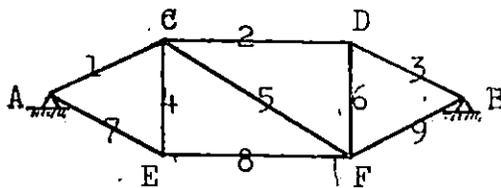


BAB I  
PEDAHULUAN

A. Pengertian Rangka Batang.

Konstruksi rangka batang adalah suatu konstruksi yang terdiri dari batang-batang yang lurus dan pada ujung-ujung batang tersebut dihubungkan sesamanya dengan engsel (titik simpul), sehingga membentuk bangun yang terdiri dari segitiga-segitiga.

Perhatikan gambar berikut;



Gambar 1

1;2;3;4;5;6;7;9 disebut batang.  
A;B;C;E;F disebut titik simpul.

Panjang batang biasanya dibuat 50 sampai 300 cm. Panjang batang sangat tergantung kepada bentuk konstruksi dan ukuran/kekuatan batang yang digunakan, serta besarnya beban yang akan dipikul.

Pertemuan batang-batang tersebut merupakan hubungan engsel. Jadi maksudnya tidak kaku dan tidak bisa menerima momen.

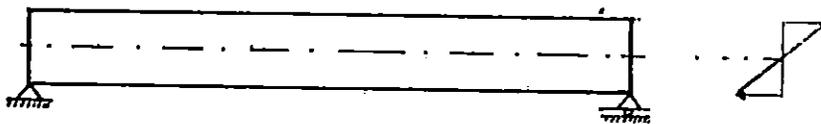
Pada dasarnya konstruksi rangka, fungsinya sama dengan konstruksi batang/gelagar. Yaitu sama-sama memikul beban yang ada pada konstruksi. Pada konstruksi batang/gelagar akibat beban yang bekerja, batang akan menerima gaya lintang dan momen lentur. Sedangkan pada konstruksi rangka batang akibat beban yang bekerja batang hanya akan menerima gaya normal (tarik atau tekan)

Gambar 2, adalah konstruksi batang

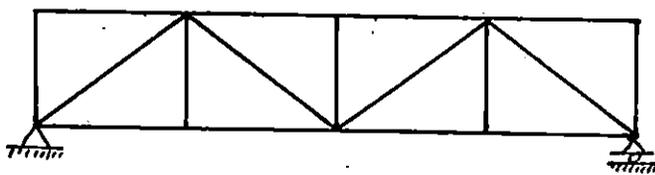
Gambar 3, adalah konstruksi rangka batang.

Secara teoritis material atau bahan yang dibutuhkan untuk konstruksi rangka batang bisa jauh lebih kecil jumlahnya, jika dibandingkan dengan konstruksi batang/gelagar. Dan tentu akibatnya konstruksi rangka batang jauh lebih ringan, bila dibandingkan dengan konstruksi batang.

Sebab kalau kita perhatikan pada konstruksi gelagar penampangnya akan menerima lenturan (momen lentur). Akibat momen lentur ini penampang sekaligus akan menerima tegangan tarik dan tekan. Tegangan tekan dan tarik ini akan mencapai maksimum pada tepi atas dan tepi bawah penampang. Sedangkan tegangan dekat garis netral adalah nol, sehingga penampang bagian dalam tidak efektif pemanfaatannya.



Gambar 2



Gambar 3

## B. Bentuk-Bentuk Rangka Batang.

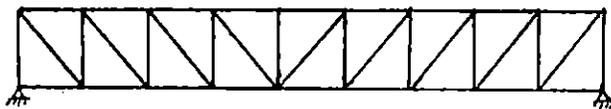
Dalam bangunan-bangunan sipil konstruksi rangka-batang banyak sekali bentuk-bentuk yang bisa dibuat, - ini sangat tergantung kepada kegunaan dan fungsi dari-konstruksi rangka batang tersebut dibuat.

Secara umum bentuk konstruksi rangka batang dapat dibagi dalam bentuk-bentuk sebagai berikut;

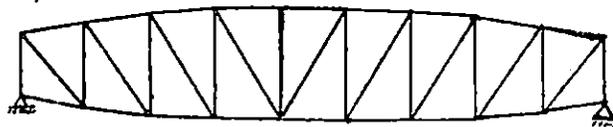
### 1. Bentuk Rasuk/Gelagar.

Dalam bentuk ini rangka batang yang dibuat berfungsi sebagai balok atau rasuk. Dimana bisa terletak diatas dua tumpuan atau lebih.

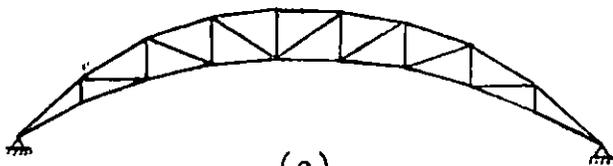
Rangka batang bentuk rasuk dapat lagi diperinci dalam bentuk sebagai berikut;



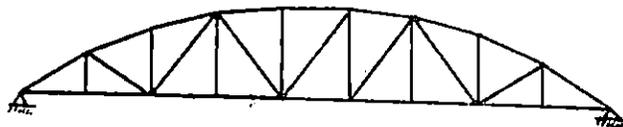
(a)



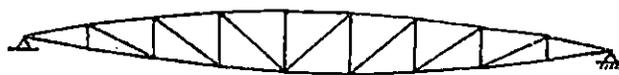
(b)



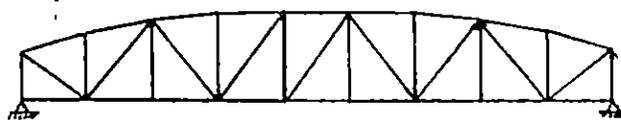
(c)



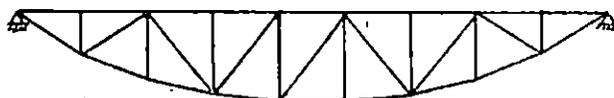
(d)



(e)



(f)



(g)

Gambar 4

Gambar 4-a, adalah rasuk paralel.

Gambar 4-b, adalah rasuk lensa.

Gambar 4-c, adalah rasuk sabit.

Gambar 4-d, adalah rasuk parabol.

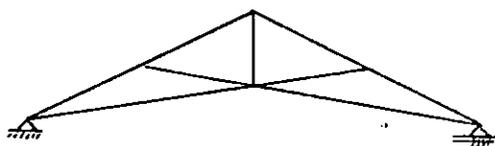
Gambar 4-e, adalah rasuk parabol rangkap.

Gambar 4-f, adalah rasuk

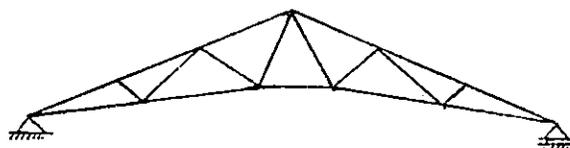
Gambar 4-g, adalah rasuk

## 2. Bentuk Segi-tiga.

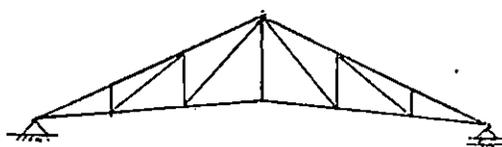
Rangka batang berbenruk segi tiga sering kita temui pada konstruksi rangka atap (kuda-kuda). Dan bentuk-bentuknya dapat kita perinci lagi sebagaiberikut;



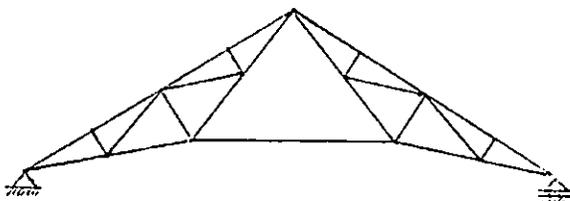
(a).Sistem Jerman



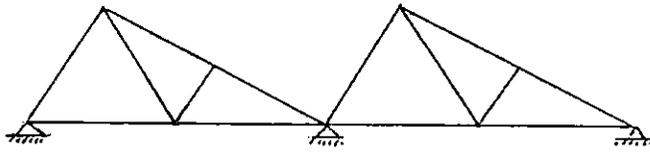
(b).Sistem Belgia



(c).Sistem Inggris



(d).Sistem Perancis

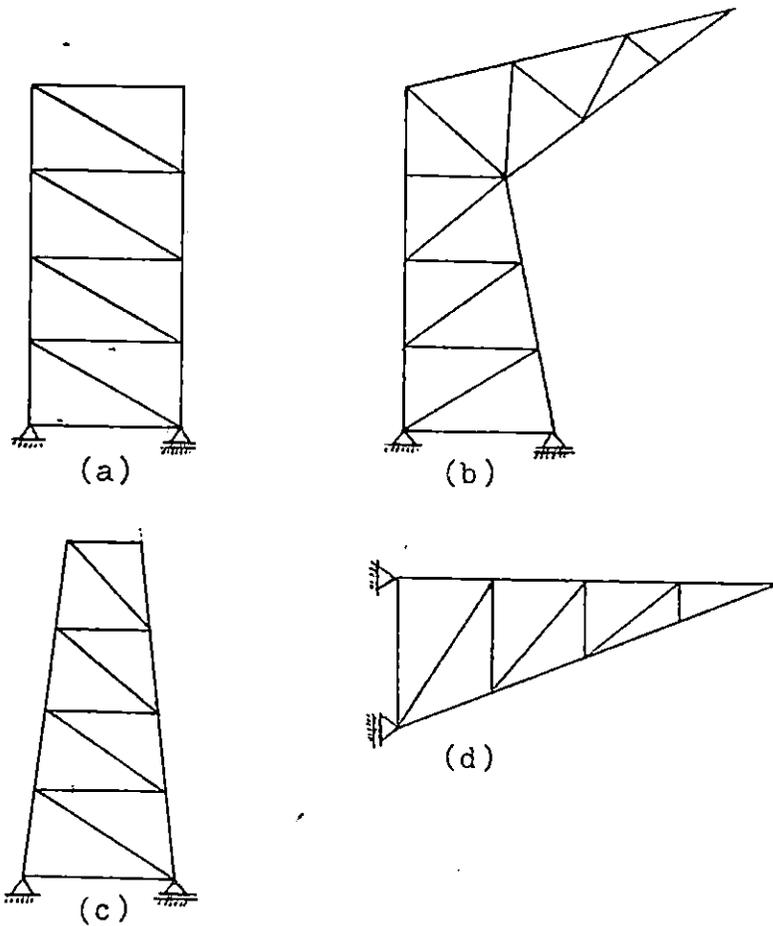


(e).Sistem atap gergaji

Gambar 5

### 3. Bentuk Kolom Atau Livel.

Konstruksi rangka batang berbentuk kolom atau livel sering digunakan pada konstruksi menara air, kran - kran dan kuda-kuda. Disini bentangnya jauh lebih kecil, bila dibandingkan dengan tinggi konstruksi. Dan bentuk-bentuknya dapat kita perinci lagi sbb;

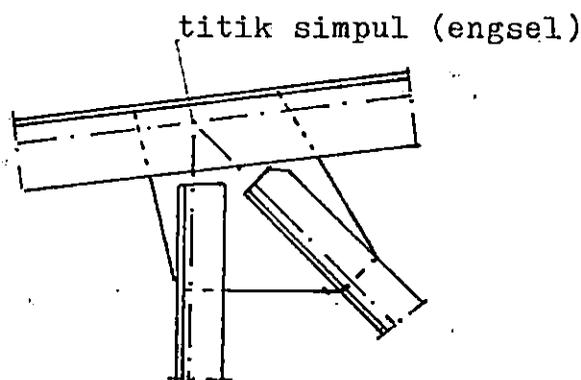


Gambar 4

### C. Ketentuan/Anggapan Dasar Konstruksi Rangka Batang.

Untuk menyelesaikan atau menghitung gaya-gaya - batang pada konstruksi rangka batang, baik secara analitis maupun grafis, diperlukan suatu anggapan dasar. Adapun ketentuan/anggapan dasar yang harus dipenuhi - tersebut adalah sebagai berikut;

1. Pada tiap-tiap titik simpul, garis kerja (sumbu) masing-masing batang harus bertemu pada satu titik dan titik tersebut dianggap bekerja sebagai engsel. Jadi pada simpul tersebut tidak bekerja momen atau dengan kata lain momen pada simpul adalah nol. Perhatikan gambar 7.



Gambar 7

Dilapangan pertemuan batang-batang bukanlah merupakan engsel, tapi masih merupakan pertemuan yang kaku. Karena pada simpul batang-batang disatukan dengan plat penyambung (simpul) dan hubungannya diperkuat dengan las atau paku keling/baut (Gbr-7).

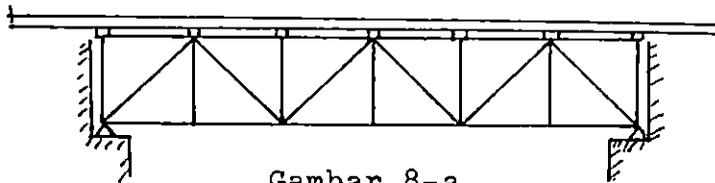
Dan akibatnya disamping batang-batang tersebut menerima gaya tarik atau tekan, juga menerima gaya - lintang dan momen.

Besarnya gaya lintang dan momen yang timbul, masih diizinkan sampai maksimum 20% dari besar gaya ba-

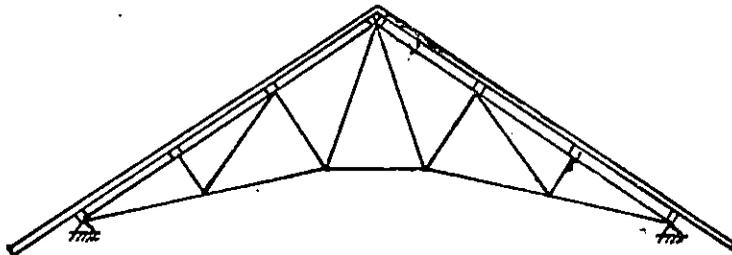
tang yang diperhitungkan dengan simpul sebagai engsel.

2. Beban-beban atau Muatan-muatan yang bekerja pada konstruksi rangka batang, hanya boleh pada titik simpul.

Jadi jika ada beban merata yang dipikul oleh konstruksi, maka beban tersebut harus dijadikan beban titik yang bekerja pada titik simpul.



Gambar 8-a



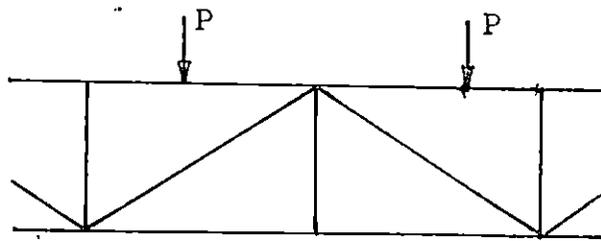
Gambar 8-b

Pada jembatan rangka batang contohnya (Gbr.8-a), bantalan yang mendukung rel harus diletakan pada titik simpul. Karena beban merata yang dipikul oleh rel disalurkan melalui bantalan, dimana beban yang disalurkan tersebut merupakan beban titik.

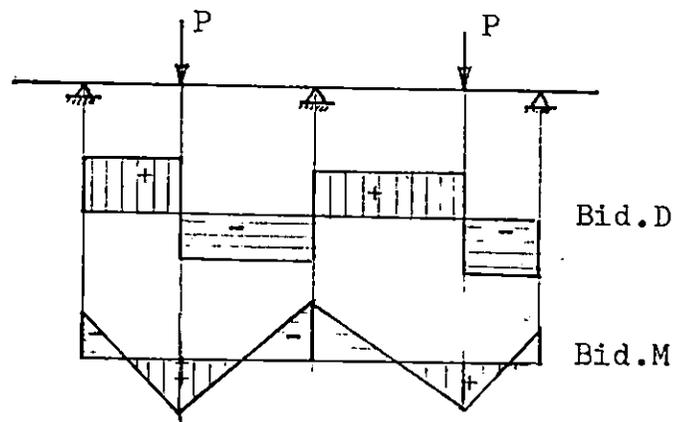
Dan begitu juga pada bangunan rangka kuda-kuda (Gbr. 8-b),. Beban atap merupakan merata, juga dijadikan beban titik melalui gording-gording. Jadi gording-gording tersebut harus dipasang pada titik simpul.

Ketentuan tersebut di atas pada prakteknya juga se

ring tidak tepat, contohnya berat sendiri dari batang atau letak gording/bantalan yang terletak di antara dua titik simpul. Jika keadaan ini tidak bisa dihindarkan, maka dalam penyelesaiannya beban tersebut dibagi kepada dua titik simpul tersebut - sesuai dengan besarnya reaksi simpul dan diselesaikan perhitungannya. Dan sesudah itu, sebaiknya batang tersebut dihitung lagi sebagai balok terusan, dan berarti batang disini menerima gaya lintang dan momen lentur (Gbr. 9-b).



Gambar 9-a

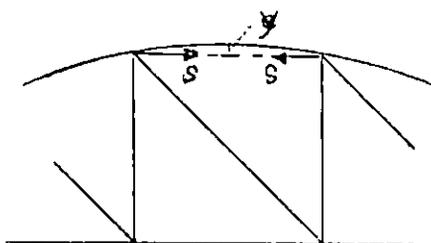


Gambar 9-b

Dalam perencanaan ukuran penampang batang ini, kita harus memperhatikan pengaruhnya terhadap gaya normal, gaya lintang dan momen lentur yang timbul. Dan yang akan dipakai adalah keadaan/pengaruh yang paling membahayakan.

3. Garis sumbu masing-masing batang Harus lurus.

Jika ada batang yang bengkok (lengkung), sehingga sumbu batang tidak merupakan garis lurus, maka disini kita harus memperhitungkan momen yang akan ditimbulkannya. (lihat Gbr. 10).

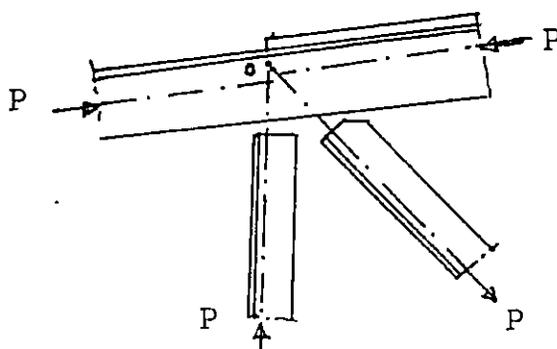


Gambar 10

Jadi disini dalam penyelesaiannya batang dijadikan lurus, sehingga didapatkan gaya batang ( $s$ ), dan di samping itu juga kita perhitungkan momen yang ditimbulkan yaitu sebesar;

$$M_o = S \cdot y$$

4. Jika pada suatu titik simpul, dimana garis sumbu masing-masing batang tidak bertemu pada satu titik, atau dengan kata lain terjadi eksentrisitet, maka kita harus mengusahakan supaya jumlah momen yang ditimbulkan akibat eksentrisitet tersebut harus 0 (nol). Perhatikan gambar 11.



Gambar 11

#### D. Ketentuan Statis Konstruksi Rangka Batang.

Dalam konstruksi rangka batang kita mengenal istilah konstruksi statis tak tertentu dan konstruksi statis tertentu.

Suatu konstruksi rangka batang dikatakan statis tertentu, jika besar reaksi tumpuan dan gaya-gaya batang dapat dicari atau diselesaikan dengan tiga syarat kesetimbangan. Atau dengan kata lain syarat yang harus dipenuhi;

1. Tumpuannya terdiri dari tumpuan sendi dan rol, yaitu banyak reaksi tumpuan 3 buah.
2. Jumlah batang ( $s$ ) pada konstruksi harus memenuhi ketentuan;

$$s = 2.k - R$$

dimana;

$s$  = jumlah batang

$k$  = jumlah titik simpul

$R$  = jumlah reaksi tumpuan

karena jumlah  $R = 3$ , maka;

$$s = 2.k - 3$$

Jika syarat di atas tidak terpenuhi, maka konstruksi-rangka dikatakan statis tak tertentu.

Konstruksi statis tak tertentu pada rangka batang dibagi lagi dalam;

1. Konstruksi statis tak tertentu-luar. Yaitu apabila jumlah reaksi tumpuan lebih dari tiga (3).
2. Konstruksi statis tak tertentu-dalam. Yaitu apabila tidak memenuhi syarat jumlah batang;

$$s = 2.k - R$$

Untuk menghitung besar gaya-gaya batang dari konstruksi rangka batang yang bersifat statis tertentu, kita mengenal beberapa metoda antara lain;

1. Metoda keseimbangan titik buhul (grafis dan analitis).

2. Metoda Cremona (grafis)
3. Metoda Ritter (analitis)
4. Metoda Culman (grafis)
5. Metoda Henneberg/tukar batang (analitis).
6. Metoda Zimmermann
7. Metoda Herzog
8. Metoda Kerja Virtual.

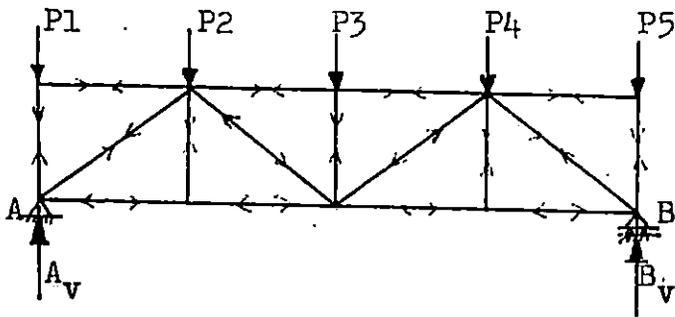
Yang akan kita uraikan disini adalah metoda keseim. -  
bangan titik buhul, cremona, ritter, dan culman.

## METODA KESETIMBANGAN TITIK BUHUL

## A. Dasar Perhitungan.

Syarat utama dalam pemakaian metoda ini adalah konstruksi rangka harus statis tertentu.

Dalam metoda ini kita bertolak dari anggapan pada konstruksi, dimana setelah menerima gaya luar seluruh konstruksi berada dalam keadaan seimbang. Seimbang disini mengandung dua pengertian. Yaitu pertama keimbangan luar, dimana keseimbangan antara muatan yang bekerja pada konstruksi dengan reaksi tumpuan. Jadi disini jumlah reaksi tumpuan harus sama dengan jumlah muatan luar yang dipikul oleh konstruksi. Kedua adalah keseimbangan dalam, yaitu keimbangan yang terjadi didalam konstruksi rangka batang itu sendiri, akibat pengaruh muatan luar. Perhatikan gambar 12.



Gambar 12

Seperti diketahui muatan yang bekerja pada konstruksi akan disalurkan melalui tumpuan/perletakan. Untuk mencapai perletakan tersebut, muatan-muatan disalurkan melalui batang-batang yang ada, yaitu dalam bentuk gaya normal tarik atau tekan. Dalam proses terjadinya pemindahan muatan ini bentuk konstruksi masih bisa dipertahankan (tidak berubah bentuk). Selama konstruksi masih bisa mempertahankan bentuknya, maka konstruksi disebut berada dalam keseimbangan dalam.

Seperti dikatakan di atas, konstruksi rangka berada dalam keadaan seimbang, maka semua titik simpul - juga berada dalam keadaan seimbang. Jadi jika masing-masing titik simpul dipisah-pisah, maka gaya batang dan muatan luar yang bekerja pada masing titik simpul juga akan mengadakan keseimbangan. Karena simpul dianggap merupakan engsel, maka syarat keseimbangan yang harus dipenuhi adalah;

1. Jumlah gaya-gaya vertikal sama dengan nol .  
(  $\sum V = 0$  )
2. Jumlah gaya-gaya horizontal sama dengan nol.  
(  $\sum H = 0$  )

Dalam metoda ini kita mengenal dua macam/cara perhitungan yaitu dengan cara analitis dan grafis.

#### B. Cara Analitis.

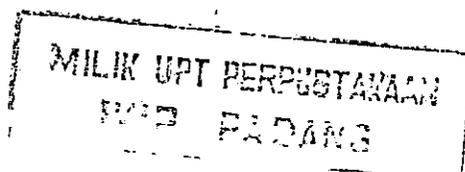
Langkah pengerjaannya.

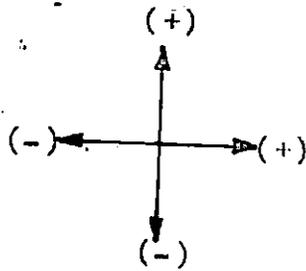
1. Tentukan besarnya reaksi tumpuan .
2. Carilah besar gaya-gaya batang.

Yaitu dimulai dari titik simpul dimana hanya dua atau satu batang yang belum diketahui besarnya - dengan memakai persamaan keseimbangan  $\sum V = 0$  dan  $\sum H_i = 0$ .

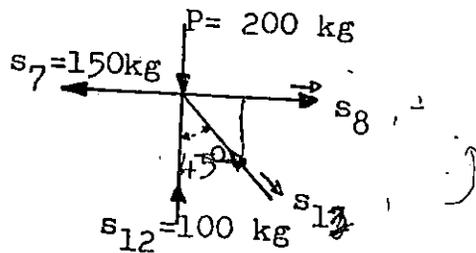
Batang-batang yang belum diketahui besar gaya - dan arahnya, maka gaya batang tersebut dianggap meninggalkan titik simpul atau menerima gaya tarik (tandanya +). setelah dihitung, jika hasilnya positif (+), maka arah gaya yang sebenarnya cocok dengan anggapan semula. Dan jika hasilnya negatif (-), maka arah gaya yang sebenarnya adalah menuju titik simpul (batang menerima gaya tekan).

Kemudian untuk menyusun persamaan gaya pakai perjanjian tanda sesuai dengan salib-sumbu yaitu;





Untuk lebih jelasnya kita tinjau suatu simpul O yang mempunyai batang  $s_7$ ,  $s_8$ ,  $s_{12}$  dan  $s_{13}$  serta gaya luar P. Batang yang belum diketahui besar dan arah gaya, adalah  $s_{12}$  dan  $s_{13}$ . (gbr. 13)



Gambar 13

Untuk mendapatkan gaya batang  $s_{12}$  dan  $s_{13}$ , pertama arahnya dianggap meninggalkan simpul (menerima gaya tarik). Dan selanjutnya didapatkan;

$\Sigma V = 0$ , didapatkan persamaan;

$$- 200 + 100 - s_{13} \cdot \cos 45^\circ = 0$$

$$s_{13} = - 141 \text{ kg.}$$

Ternyata  $s_{13}$  tandanya negatif (-) dan berlawanan dengan anggapan semula. Ini berarti batang  $s_{13}$ , adalah menerima gaya tekan (menuju titik simpul)

$\Sigma H = 0$ , didapatkan persamaan;

$$- 150 - s_{13} \cdot \sin 45^\circ + s_8 = 0$$

$$s_8 = + 250 \text{ kg.}$$

$s_8$  tandanya adalah positif dan sesuai dengan anggapan semula. Ini berarti batang menerima gaya tarik (meninggalkan simpul).

### C. Cara Grafis (lukisan).

Langkah perhitungannya sama dengan cara analitis, - cuma dalam pengejaannya kita butuh skala gaya dan skala jarak..

Untuk mencari reaksi tumpuan dapat diselesaikan dengan poligon gaya dan lukisan kutup, sedangkan untuk mencari gaya batang dapat dilakukan dengan lukisan poligon gaya tertutup. Disini terdapat poligon gaya tertutup, karena simpul yang kita tinjau berada dalam keadaan seimbang, sehingga resultan gaya-gaya pada simpul adalah nol.

Untuk mencari gaya batang, kita juga harus mulai dari simpul dimana hanya dua atau satu batang yang belum diketahui besar dan arah gayanya.

Dalam melukis poligon gaya pada titik simpul, biasanya dengan urutan searah dengan jarum jam ( $\curvearrowright$ ), Dan kita harus mulai dari batang yang telah diketahui - besar besar dan arah gayanya, dimana batang tersebut berada sesudah urutan dari batang terakhir yang tidak diketahui besar gayanya.

Untuk lebih jelasnya kita tinjau suatu simpul O, dimana mempunyai batang  $s_7$ ,  $s_8$ ,  $s_{12}$ , dan  $s_{13}$ , serta gaya luar P. (Gambar 13).

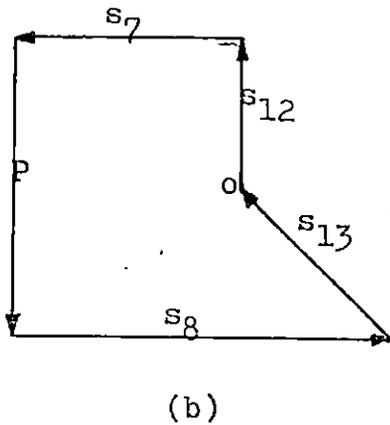
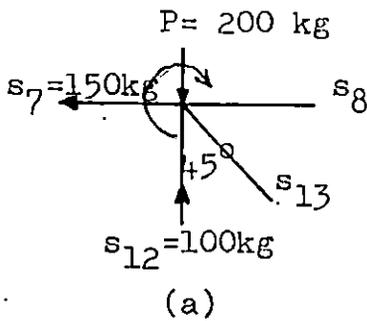
Untuk mencari besarnya gaya  $s_{13}$  dan  $s_8$  dapat dilakukan sebagai berikut;

1. Kalau kita menyusun poligon gaya sesuai dengan arah jarum jam ( $\curvearrowright$ ), maka kita harus mulai batang  $s_{12}$ , karena batang  $s_{13}$  adalah batang terakhir yang tidak diketahui besarnya.

Jadi dalam melukis poligon gaya, kita lakukan de

ngan urutan  $s_{12} - s_7 - P - s_8 - s_{13}$ . (Gbr. 14b).

skala gaya 1cm = 50 kg

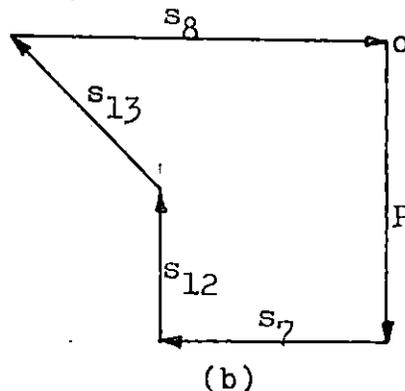
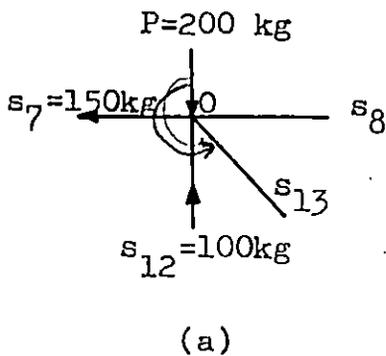


Gambar 14

Besar gaya  $s_8 = 5 \text{ cm} \times 50 = 250 \text{ kg}$ . Arahnya adalah meninggalkan titik simpul, ini berarti batang menerima gaya tarik(+).

Besar gaya  $s_{13} = 2,82 \times 50 = 141 \text{ kg}$ . Arahnya adalah menuju titik simpul, ini berarti batang menerima gaya tekan (-).

2. Kalau kita menyusun poligon gaya berlawanan dengan arah jarum jam () , maka kita harus mulai dari gaya P, karena  $s_8$  adalah batang terakhir yang belum diketahui harganya menurut urutannya ( ). Jadi urutan dalam melukis poligon dilakukan dengan urutan  $P - s_7 - s_{12} - s_{13} - s_8$  (Gbr. 15).



Gambar 15

Besar gaya  $s_8 = 5 \text{ cm} \times 50 \text{ kg} = 250 \text{ kg}$  (tarik)  
 Besar gaya  $s_{13} = 2,82 \text{ cm} \times 50 \text{ kg} = 141 \text{ kg}$  (tekan).

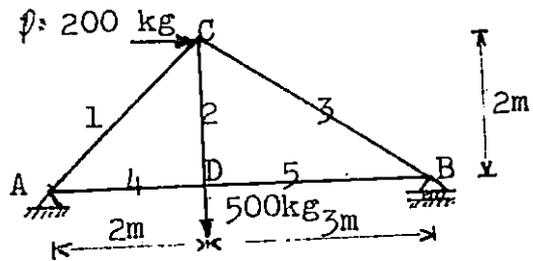
D. Contoh Perhitungan.

1. Diketahui suatu konstruksi rangka batang yang mempunyai ukuran dan muatan seperti gambar 16-a.

Diminta;

Tentukan gaya-gaya dengan keseimbangan titik simpul secara;

- a. Analitis
- b. grafis



Gambar 16-a

Penyelesaian;

tumpuan adalah sendi dan rol, jumlah batang ( $s$ ) = 5

jumlah simpul ( $k$ ) = 4, maka;

$$s = 2.k - 3 = 2.4 - 3$$

$$s = 5$$

berarti konstruksi statis tertentu.

Reaksi tumpuan yang timbul adalah  $A_v$ ,  $A_h$ , dan  $B_v$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow A_v \cdot 5 + (200 \cdot 2) - (500 \cdot 3) - A_h \cdot 0 = 0$$

$$A_v = + 220 \text{ kg } (\uparrow).$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -B_v \cdot 5 + (200 \cdot 2) + (500 \cdot 3) = 0$$

$$B_v = + 280 \text{ kg } (\uparrow).$$

$$\sum H = 0 \rightarrow A_h + 200 = 0$$

$$A_h = - 200 \text{ kg } (\leftarrow).$$

a. Mencari gaya-gaya batang dengan cara analitis.  
 Kita bisa memulai dari simpul A atau simpul B, karena ada dua buah batang yang belum diketahui besarnya.

Untuk ini kita mulai dengan urutan simpul A, -

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG  
 KOLEKSI BIDANG ILMU  
 TIDAK DIPINJAMKAN  
 KHUSUS DIPAKAI DALAM PENELITIAN

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
 IKIP PADANG

simpul D, simpul C

- Simpul A (Gambar 16-b)

$s_1$  dan  $s_4$  arahnya dianggap meninggalkan simpul.

$$\alpha = \text{Arc tg } \frac{2}{2} = 45^\circ$$

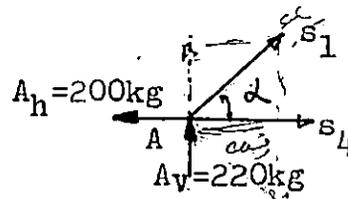
$$\sum V = 0 \rightarrow 220 + s_1 \cdot \sin 45^\circ = 0$$

$$s_1 = -311,13 \text{ kg (tekan)}$$

$$\sum H = 0 \rightarrow -200 + s_4 - (s_1 \cdot \cos 45) = 0$$

$$-200 + s_4 - (311,13 \cdot 0,7071) = 0$$

$$s_4 = +420 \text{ kg (tarik)}$$



Gambar 16-b

- Simpul D (Gambar 16-c).

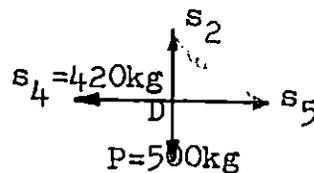
Batang yang tidak diketahui  $s_2$  dan  $s_5$ .

$$\sum V = 0 \rightarrow -500 + s_2 = 0$$

$$s_2 = +500 \text{ kg}$$

$$\sum H = 0 \rightarrow -420 + s_5 = 0$$

$$s_5 = +420 \text{ kg.}$$



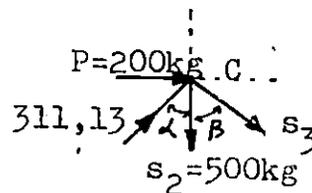
Gambar 16-c

- Simpul C (Gambar 16-d).

Batang yang tidak diketahui  $s_3$ .

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\beta = \text{arc.tg } \frac{3}{2} = 56,3^\circ$$



Gambar 16-d

$$\sum H = 0 \rightarrow 200 + s_3 \cdot \sin 56,3^\circ + 311,13 \cdot \sin 45^\circ = 0$$

$$200 + 0,32 \cdot s_3 + 220 = 0$$

$$s_3 = -504,8 \text{ kg.}$$

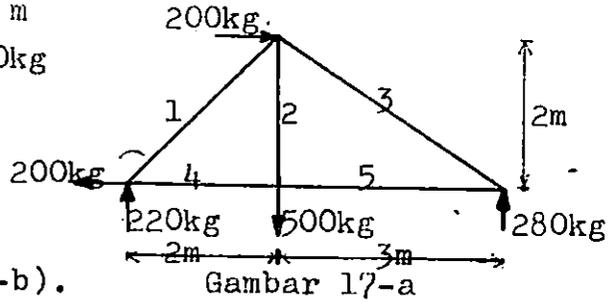
$$\sum V = 0 \rightarrow -500 + 311,13 \cdot \cos 45^\circ + s_3 \cdot \cos 56,3^\circ = 0$$

$s_3 = -504,5 \text{ kg}$  --- ok  
cocok dengan hasil pertama.

Simpul B tidak perlu ditinjau karena semua batang sudah diketahui besarnya.

b. Mencari gaya-gaya batang dengan cara grafis.

Skala jarak 1 cm = 1 m  
Skala gaya 1 cm = 100kg

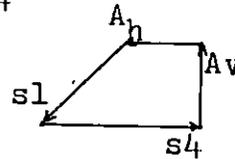


- Simpul A (Gambar 17-b).

Urutannya kita ambil searah jarum jam. Yaitu - dimulai dari  $A_v - A_h - s_1 - s_4$

$s_1 = 3,11 \text{ cm} \cdot 100 \text{ kg}$   
 $= 311 \text{ kg}$  (tekan)

$s_4 = 4,2 \text{ cm} \cdot 100 \text{ kg}$   
 $= 420 \text{ kg}$  (tarik)



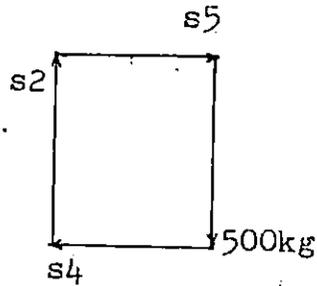
Gambar 17-b

- Simpul D (Gambar 17-c).

Urutannya dimulai dari;  
 $500\text{kg} - s_4 - s_2 - s_5$

$s_2 = 5 \text{ cm} \cdot 100 \text{ kg}$   
 $= 500 \text{ kg}$  (tarik)

$s_5 = 4,2 \text{ cm} \cdot 100 \text{ kg}$   
 $= 420 \text{ kg}$  (tarik).

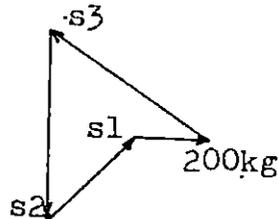


Gambar 17-c

- Simpul C (Gambar 17-d).

Urutannya  $s_2 - s_1 - 200\text{kg} - s_3$

$s_3 = 5,05 \text{ cm} \cdot 100 \text{ kg}$   
 $= 505 \text{ kg}$  (tekan)



Gambar 17-d

- Simpul B. (Gambar 17-e)

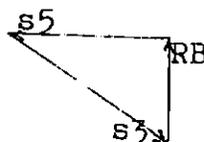
Sebenarnya simpul B tidak perlu lagi ditinjau, karena harga semua gaya batang sudah didapat. Tapi untuk mengontrol perhitungan perlu juga ditinjau.

Urutanya;

$$B_v - s_5 - s_3$$

$$s_3 = 5,05 \text{ cm. } 100 \text{ kg}$$

$$= 505 \text{ kg (tekan).}$$



Gambar 17-e

Untuk selanjutnya sebaiknya kita buat tabel gaya-gaya yang telah didapatkan.

No Btg :	1	:	2	:	3	:	4	:	5
Gaya btg.:	-311,13	:	+500	:	-504,5	:	+420	:	+420
Panjangbtg:	2,83m	:	2m	:	3,6m	:	2m	:	3m

2. Diketahui suatu konstruksi rangka batang yang mempunyai ukuran dan muatan seperti gambar 18-a.

Diminta;

Tentukan gaya batang dengan keseimbangan titik simpul secara;

a. Analitis

b. Grafis.

Penyelesaian

$$s = 2.k - 3$$

$$9 = 2.6 - 3$$

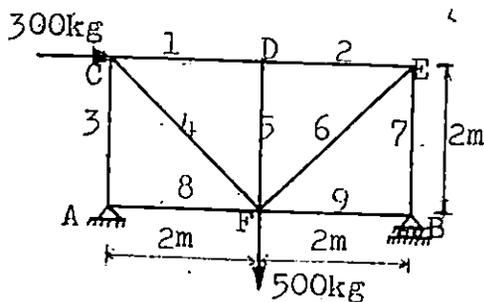
9 = 9 --- ok, konstruksi statis tertentu.

Reaksi tumpuan yang timbul  $A_v$ ,  $A_h$ , dan  $B_v$

$$\sum H = 0 \text{ --- } 300 + A_h = 0$$

$$A_h = -300 \text{ kg (} \leftarrow \text{).}$$

$$\sum M_B = 0 \text{ --- } A_v \cdot 4 + (300 \cdot 2) - (500 \cdot 2) = 0$$



Gambar 18-a

$$A_v = +100 \text{ kg } (\uparrow).$$

$$\begin{aligned} \Sigma V = 0 \rightarrow A_v + B_v - 500 &= 0 \\ 100 + B_v - 500 &= 0 \\ B_v &= 400 \text{ kg } (\uparrow) \end{aligned}$$

a. Mencari gaya batang dengan cara analitis.

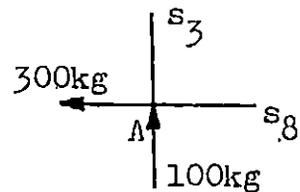
Urutan simpul yang ditinjau adalah simpul A, C, D, F, dan B atau E. Urutannya searah jarum jam.

- Simpul A (Gambar 18-b).

Batang yang belum diketahui  $s_3$  dan  $s_8$

$$\begin{aligned} \Sigma V = 0 \rightarrow 100 + s_3 &= 0 \\ s_3 &= -100 \text{ kg (tekan)} \end{aligned}$$

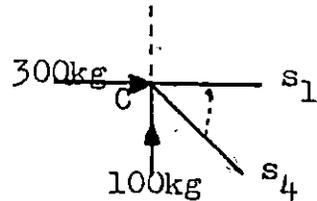
$$\begin{aligned} \Sigma H_i = 0 \rightarrow -300 + s_8 &= 0 \\ s_8 &= +300 \text{ kg (tarik)} \end{aligned}$$



Gambar 18-b

- Simpul C (Gambar 18-c).

Batang yang belum diketahui  $s_1$  dan  $s_4$



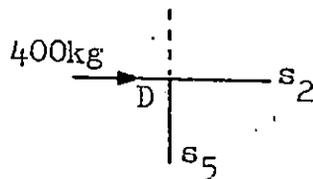
Gambar 18-c

$$\begin{aligned} \Sigma V = 0 \rightarrow +100 - s_4 \cdot \sin 45^\circ &= 0 \\ s_4 &= +141,42 \text{ kg (tarik)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma H_i = 0 \rightarrow +300 + s_1 + s_4 \cdot \cos 45^\circ &= 0 \\ s_1 &= -400 \text{ kg (tekan)} \end{aligned}$$

- Simpul D (Gambar 18-d).

Batang yang belum diketahui  $s_2$  dan  $s_5$ .



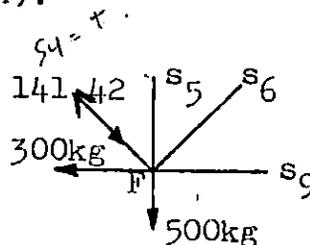
Gambar 18-d

$$\Sigma V = 0 \rightarrow s_5 = 0$$

$$\Sigma H = 0 \rightarrow 400 + s_2 = 0$$

$$s_2 = -400 \text{ kg (tekan).}$$

- Simpul F (Gambar 18-e)  
Batang yang belum diketahui  $s_6$  dan  $s_9$ .



Gambar 18-e

$$\Sigma V = 0 \rightarrow -500 + 141,42 \cdot \sin 45^\circ + s_6 \cdot \sin 45^\circ = 0$$

$$-500 + 100 + s_6 \cdot 0,7071 = 0$$

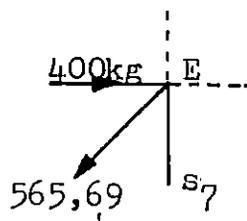
$$s_6 = +565,69 \text{ kg (tarik).}$$

$$\Sigma H = 0 \rightarrow -300 - 141,42 \cdot \cos 45^\circ + 565,69 \cdot \cos$$

$$45^\circ + s_9 = 0$$

$$s_9 = 0$$

- Simpul E (Gambar 18-f).  
Batang yang belum diketahui adalah  $s_7$ .



Gambar 18-f

$$\Sigma V = 0 \rightarrow -565,69 \cdot \sin 45^\circ - s_7 = 0$$

$$s_7 = -400 \text{ kg (tekan).}$$

$$\Sigma H = 0 \rightarrow +400 - 565,69 \cdot \cos 45^\circ = 0$$

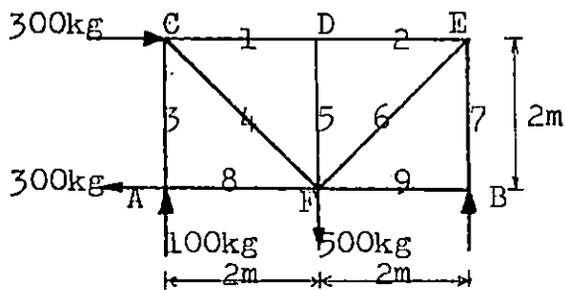
$$+400 - 400 = 0 \rightarrow \text{ok.}$$

Simpul B tidak perlu ditinjau karena semua gaya-gaya batang sudah diketahui besarnya.

- b. Mencari gaya batang dengan cara grafis.

Skala jarak 1 cm = 1 m

Skala gaya 1 cm = 100 kg



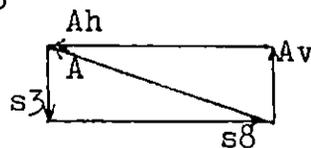
Gambar 19-a

- Simpul A. (Gambar 19-b).

Urutannya kita ambil searah jarum jam. Yaitu - dimulai dari  $A_v - A_h - s_3 - s_8$ .

$$s_3 = 1 \text{ cm} \cdot 100\text{kg} \\ = 100 \text{ kg (tekan).}$$

$$s_8 = 3 \text{ cm} \cdot 100\text{kg} \\ = 300 \text{ kg (tarik).}$$



Gambar 19-b.

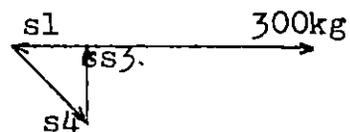
- Simpul C. (Gambar 19-c).

Urutannya dimulai dari;

$$s_3 - 300\text{kg} - s_1 - s_4.$$

$$s_1 = 4 \text{ cm} \cdot 100\text{kg} \\ = 400 \text{ kg (tekan).}$$

$$s_4 = 1,41 \text{ cm} \cdot 100\text{kg} \\ = 141 \text{ kg (tarik).}$$



Gambar 19-c

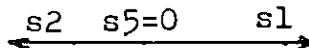
- Simpul D. (Gambar 19-d).

Urutannya dimulai dari;

$$s_1 - s_2 - s_5$$

$$s_2 = 4 \text{ cm} \cdot 100 \text{ kg} \\ = 400 \text{ kg (tekan)}$$

$$s_5 = 0$$



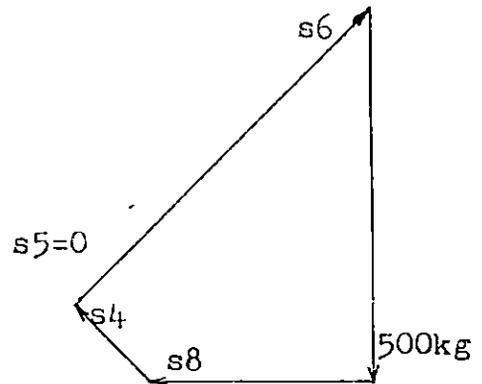
Gambar 19-d

- Simpul F (Gambar 19-e).  
Urutannya dimulai dari;  
500 - s<sub>8</sub> - s<sub>5</sub> - s<sub>6</sub> - s<sub>9</sub>

$$s_9 = 0$$

$$s_6 = 5,65 \text{ Cm. } 100 \text{ kg}$$

$$= 565 \text{ kg (tarik).}$$

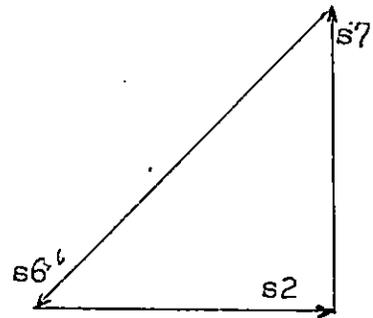


Gambar 19-e

- Simpul E (Gambar 19-f).  
Urutannya dimulai dari;  
s<sub>6</sub> - s<sub>2</sub> - s<sub>7</sub>

$$s_7 = 4 \text{ cm. } 100 \text{ kg}$$

$$= 400 \text{ kg.}$$



Gambar 19-f

3. Diketahui suatu konstruksi rangka batang yang mempunyai ukuran dan muatan seperti gambar

Diminta;

Tentukan gaya batang-dengan keseimbangan - titik simpul secara;

- a. Analitis.  
b. Grafis.

Penyelesaian;

$$s = 2.k - 3$$

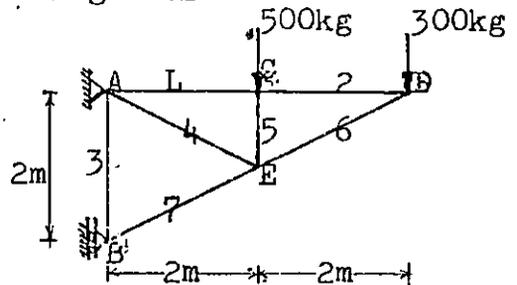
$$7 = 2.5 - 3$$

$$7 = 7 \rightarrow \text{ok, konstruksi statis tertentu.}$$

Reaksi tumpuan yang timbul  $A_v$ ,  $A_h$ , dan  $B_v$ .

$$\Sigma M_B = 0 \rightarrow +A_h \cdot 2 + (500 \cdot 2) + (300 \cdot 4) = 0$$

$$A_h = -1100 \text{ kg (}\leftarrow\text{)}$$



Gambar 20-a

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow -B_h \cdot 2 + (500 \cdot 2) + (300 \cdot 4) = 0$$

$$B_h = +1100 \text{ kg } (\rightarrow)$$

$$\Sigma H = 0 \rightarrow A_v - 500 - 300 = 0$$

$$A_v = 800 \text{ kg } (\uparrow)$$

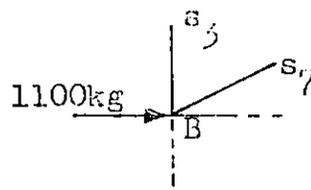
a. Mencari gaya batang dengan cara analitis.

Urutan simpul yang ditinjau bisa dari simpul B atau simpul E. disini dipakai urutan simpul B, a, C, D, E.

- Simpul B. (Gambar 20-b).

Batang yang belum diketahui  $s_3$  dan  $s_7$ .

$$\alpha = \text{Arc.tg } \frac{1}{2} = 26,6^\circ$$



Gambar 20-b

$$\Sigma H = 0 \rightarrow 1100 + s_7 \cdot \cos 26,6^\circ = 0$$

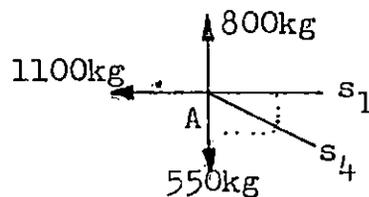
$$s_7 = -1230,4 \text{ kg (tekan)}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow -1230,4 \cdot \sin 26,6^\circ + s_3 = 0$$

$$s_3 = +550 \text{ kg (tarik).}$$

- Simpul A. (Gambar 20-c).

Batang yang belum diketahui  $s_1$  dan  $s_4$ .



Gambar 20-c

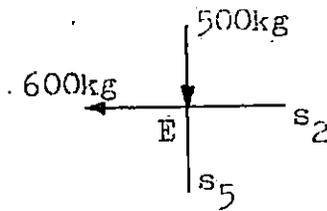
$$\Sigma V = 0 \rightarrow +800 - 550 - s_4 \cdot \sin 26,6^\circ = 0$$

$$s_4 = +559,3 \text{ kg (tarik).}$$

$$\Sigma H = 0 \rightarrow -1100 + 559,3 \cdot \cos 26,6^\circ + s_1 = 0$$

$$s_1 = +600 \text{ kg (tarik).}$$

- Simpul C. (Gambar 20-d).  
Batang yang belum diketahui  $s_2$  dan  $s_5$ .



Gambar 20-d

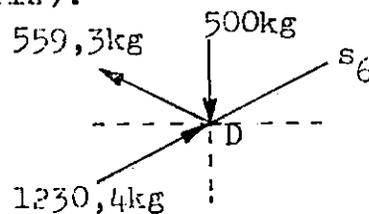
$$\sum V = 0 \rightarrow -s_5 - 500 = 0$$

$$s_5 = -500 \text{ kg (tekan).}$$

$$\sum H = 0 \rightarrow -600 + s_2 = 0$$

$$s_2 = +600 \text{ kg (tarik).}$$

- Simpul D (Gambar 20-e).  
Batang yang belum diketahui  $s_6$ .



Gambar 20-e

$$\sum V = 0 \rightarrow -500 + 559,3 \cdot \sin 26,6^\circ + 1230,4 \cdot \sin 26,6^\circ + s_6 \cdot \sin 26,6^\circ = 0$$

$$s_6 = -671,1 \text{ kg (tekan).}$$

$$\sum H = 0 \rightarrow 1230,4 \cdot \cos 26,6^\circ - 559,3 \cdot \cos 26,6^\circ - 671,1 \cdot \cos 26,6^\circ = 0$$

$$+1100 - 500 - 600 = 0 \rightarrow \text{ok.}$$

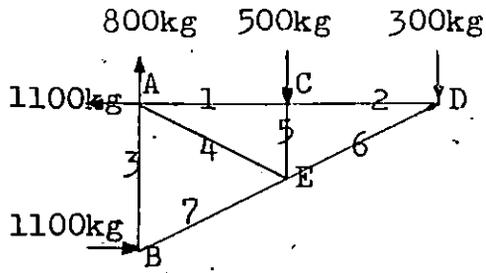
Simpul D tidak perlu ditinjau karena semua gaya-gaya batang sudah diketahui besarnya.

- b. Mencari gaya batang dengan cara garfis.

Skala jarak 1 cm = 1 m

Skala gaya 1 cm = 200 kg.

Dalam cara ini kita urutan titik simpul D, C, E



Gambar 21-a

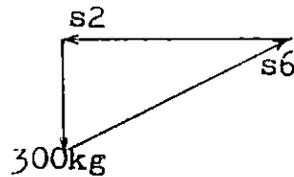
- Simpul D (Gambar 21-b).

Urutannya kita ambil searah jarum jam. Yaitu di mulai dari;

$$300 - s_6 - s_2$$

$$s_2 = 3 \text{ cm} \cdot 200 \text{ kg} \\ = 600 \text{ kg (tarik)}$$

$$s_6 = 3,36 \text{ cm} \cdot 200 \text{ kg} \\ = 672 \text{ kg (tekan)}$$



Gambar 21-b

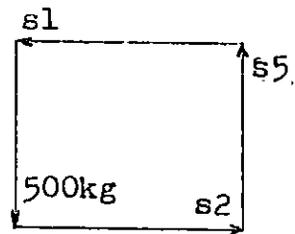
- Simpul C (Gambar 21-c).

Urutannya dimulai dari;

$$500 - s_2 - s_5 - s_1$$

$$s_5 = 2,5 \text{ cm} \cdot 200 \text{ kg} \\ = 500 \text{ kg (tekan)}$$

$$s_1 = 3 \text{ cm} \cdot 200 \text{ kg} \\ = 600 \text{ kg (tarik)}$$



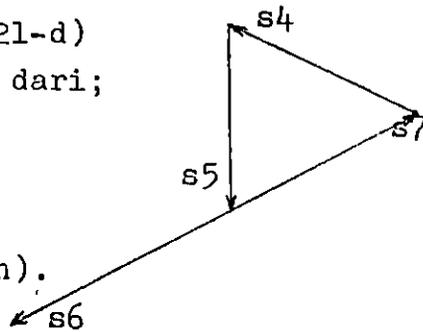
Gambar 21-c

- Simpul E (Gambar 21-d)  
Urutannya dimulai dari;

$$s_5 - s_6 - s_7 - s_4$$

$$s_7 = 6,15 \text{ cm} \cdot 200 \text{ kg} \\ = 1230 \text{ kg (tekan)}$$

$$s_4 = 2,8 \text{ cm} \cdot 200 \text{ kg} \\ = 560 \text{ kg (tarik)}$$

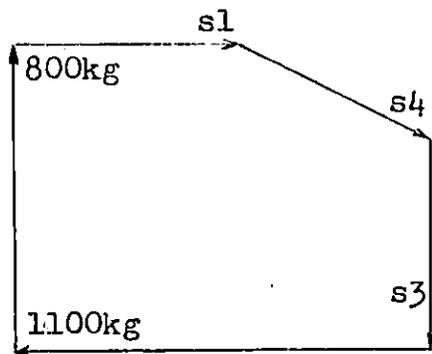


Gambar 21-d

- Simpul A (Gambar 21-e).  
Urutannya dimulai dari;

$$A_h - A_v - s_1 - s_4 - s_3$$

$$s_3 = 2,75 \text{ cm} \cdot 200 \text{ kg} \\ = 550 \text{ kg (tarik)}$$



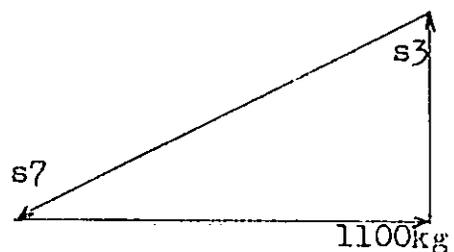
Gambar 21-e

- Simpul B (Gambar 21-f)  
Simpul B ditinjau adalah untuk mengontrol per -  
hitungan.

Urutannya dimulai dari;

$$s_7 - B_h - s_3$$

$$s_3 = 2,75 \text{ cm} \cdot 200 \text{ kg} \\ = 550 \text{ kg (tarik)}$$



Gambar 21-f

--- Perhitungan oky.

### BAB III METODA CREMONA

#### A. Dasar Perhitungan.

Metoda Cremona adalah metoda yang menggunakan diagram-diagram dalam mencari besarnya gaya-gaya batang, dan diagram-diagram ini dikenal dengan diagram Cremona. Pada dasarnya diagram Cremona adalah gambar segi banyak gaya dari masing-masing titik simpul pada metoda keseimbangan titik simpul secara grafis, yang disusun menjadi satu. Pada diagram Cremona tiap batang dilukis dua kali yang arahnya berlawanan. Dan arah gaya batang tidak perlu digambar. Untuk membedakan gaya batang biasanya masing-masing batang diberi tanda positif (+) untuk batang tarik, dan negatif (-) untuk batang tekan. Dan disamping itu ada juga dipakai garis biasa (—) untuk batang tekan, serta garis putus-putus (- - -) untuk batang tarik.

Dalam pengerjaan Cremona kita butuh dua macam skala yaitu skala panjang dan skala gaya. Skala panjang adalah untuk melukis konstruksi berdasarkan ukurannya, dan skala gaya adalah untuk melukis gaya-gaya luar dan gaya batang berdasarkan besarnya gaya tersebut. Dan disamping itu sebaiknya dibuat daftar konstruksi dan daftar gaya batang. Dimana daftar konstruksi memuat tentang dari simpul mana kita harus mulai dan pada batang mana yang harus dilukis terlebih dahulu. Sedangkan daftar gaya batang berisi tentang besarnya untuk masing-masing batang.

#### B. Contoh-Contoh Perhitungan.

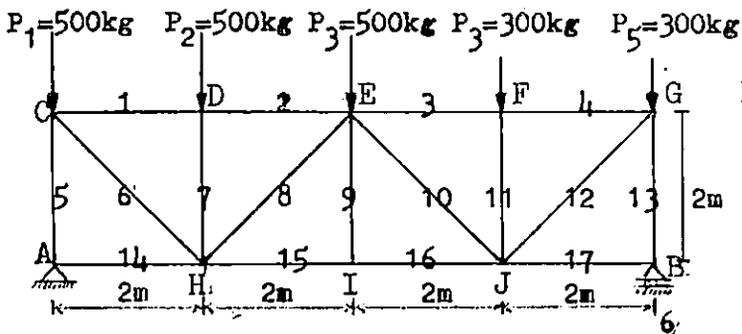
1. Suatu konstruksi rangka batang yang menerima muatan seperti gambar 22-a.

Diminta; Hitung gaya-gaya batang dengan metoda Cremona  
Penyelesaian;

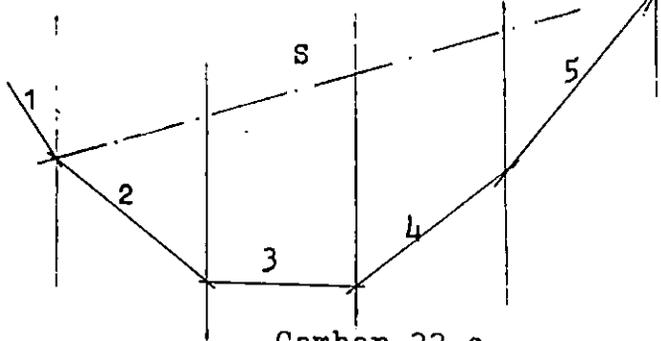
Dipakai skala jarak 1 cm = 1m

skala gaya 1 cm = 200 kg.

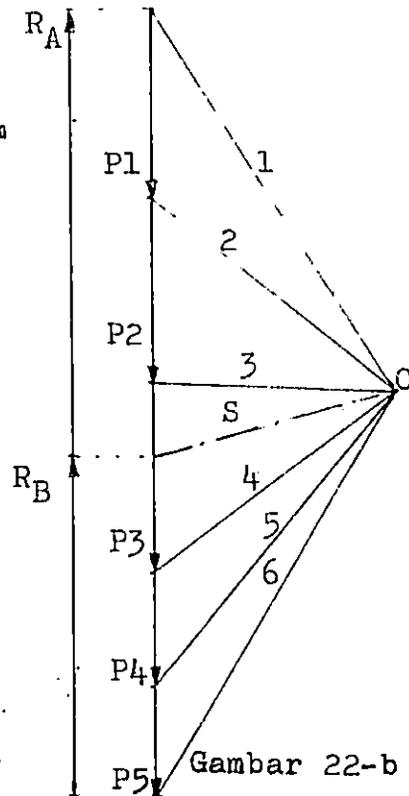
STAMBUK  
KEMENTERIAN  
PENDIDIKAN  
1953



Gambar 22-a



Gambar 22-c



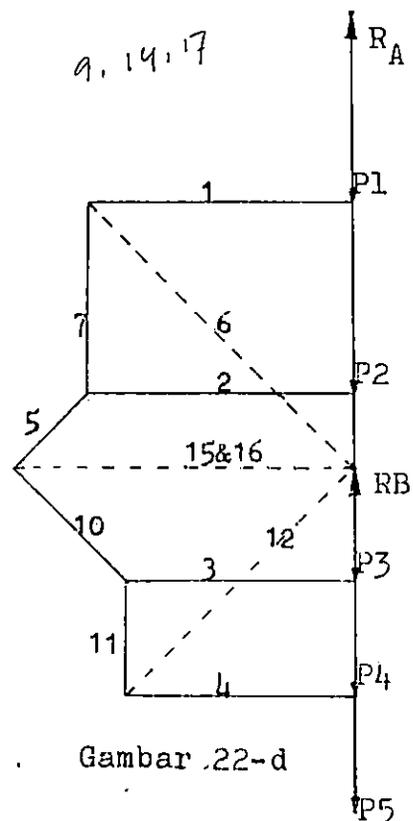
Gambar 22-b

Cari reaksi tumpuan dengan cara grafis (gambar 22-b dan gambar 22-c)

Daftar konstruksi.

1. simpul A;  $R_A$ - s5 - s14
2. Simpul C; s5- P1 - s1 - s6
3. Simpul D; s1- P2 - s2 - s7
4. Simpul H; s14- s6- s7- s8- s15
5. Simpul I; s25- s9- s16
6. Simpul E; s9 - s8- s2- P3- s3- s10
7. Simpul F; s3 - P4- s4- s11
8. Simpul J; s16- s10- s11- s6- s17
9. Simpul G; s12- s4- P5- s13

Hasil diagram Cremona (gambar 22-d).



Gambar 22-d

## Daftar Gaya-Gaya Batang.

No. Batang	1	:	2	:	3	:	4	:	5	:	6	:	
Pjg. Btg(m)	2,00	:	2,00	:	2,00	:	2,00	:	2,00	:	2,83	:	
Gaya Btg(kg)	-700	:	-700	:	-600	:	-600	:	-1200	:	+990	:	
	:	7	:	8	:	9	:	10	:	11	:	12	:
	:	2,00	:	2,83	:	2,00	:	2,83	:	2,00	:	2,83	:
	:	-500	:	-283	:	0	:	-424	:	-300	:	+848	:
	:	13	:	14	:	15	:	16	:	17	:		:
	:	2,00	:	2,00	:	2,00	:	2,00	:	2,00	:		:
	:	-900	:	0	:	+900	:	+900	:	0	:		:

2. Suatu konstruksi rangka batang dengan ukuran dan muatan-muatan yang bekerja seperti pada gambar 23-a.

Diminta; tentukan gaya-gaya batang dengan metoda Cremona. Penyelesaian;

Dipakai skala jarak  $1\text{cm} = 1\text{m}$

skala gaya  $1\text{cm} = 100\text{kg}$

- Menentukan reaksi tumpuan dengan cara grafis.

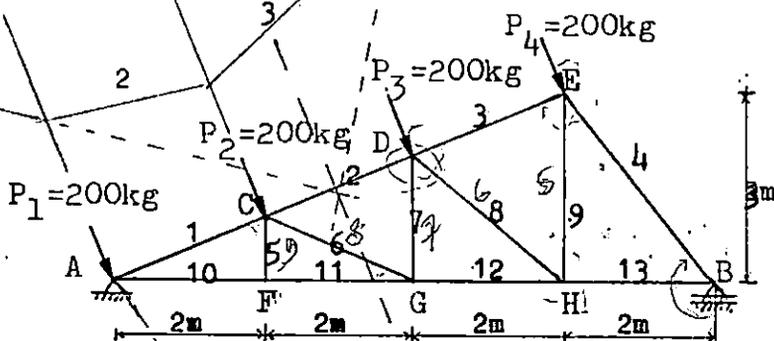
Cari besar dan letak resultan muatan-muatan dengan bantuan lukisan kutup (gambar 23-b). Kemudian diperpanjang garis kerja resultan yang didapat (pada gambar 23-a), sehingga memotong garis kerja  $R_B$ . Perpotongan garis kerja ini dihubungkan dengan tumpuan  $R_A$ . Dengan mengurai kan gaya resultan terhadap garis kerja  $R_A$  dan  $R_B$ , akan didapatkan besar reaksi  $R_A$  dan  $R_B$  (gambar 23-c).

Selanjutnya diagram Cremona dari rangka batang akan dapat dilukis dengan urutan sbb;

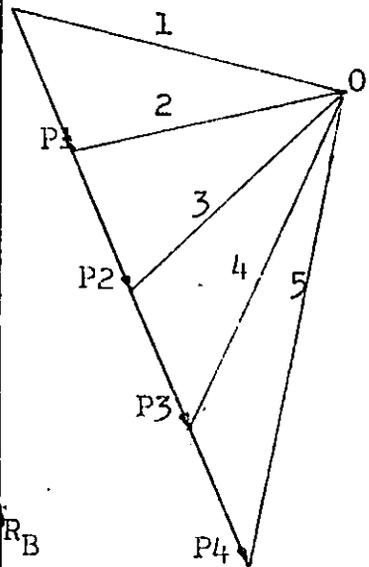
a. Simpul A;  $R_A$ - P1- s1- s10

b. Simpul F; s10- s9- s11

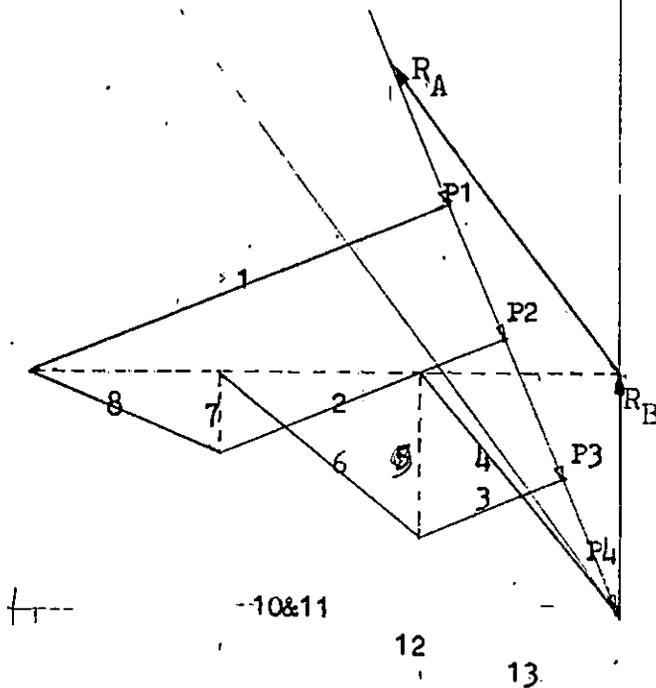
- c. Simpul C; s9- s1- P2- s2
- d. Simpul G; s11- s8- s7- s12
- e. Simpul D; s7- s2- P3- s3
- f. Simpul H; s12- s6- s5- s13
- g. Simpul E; s5- s3- P4- s4



Gambar 23-a



Gambar 23-b



Gambar 23-c

## Daftar Gaya-Gaya Batang.

No. Batang	: 1	: 2	: 3	: 4	: 5	: 6	:
Pjg. Btg (m)	: 2,17	: 2,17	: 2,17	: 3,20	: 2,50	: 2,61	:
Gaya Btg (kg)	: -1200	: -800	: -400	: -840	: +440	: -680	:
	: 7	: 8	: 9	: 10	: 11	: 12	: 13
	: 1,67	: 2,17	: 0,83	: 2,00	: 2,00	: 2,00	: 2,00
	: +220	: -550	: 0	: +1560	: +1560	: +1060	: +540

3. Suatu konstruksi rangka batang dengan ukuran dan muatan yang bekerja seperti pada gambar 24-a.

Biminta; Tentukan gaya-gaya batang dengan metoda Cremona.

Penyelesaian;

- Menentukan Reaksi Tumpuan.

Besar reaksi tumpuan agak sulit dilakukan dengan cara grafis, karena garis kerja resultan gaya-gaya luar tidak bisa berpotongan pada gambar. Untuk ini reaksi tumpuan dicari dengan cara analitis.

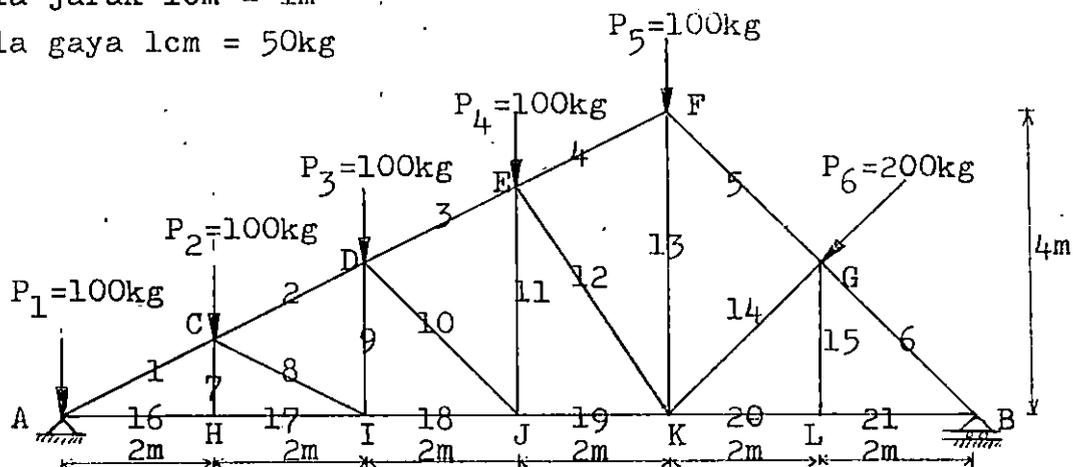
$$\begin{aligned} \sum M_B = 0 & \text{ --- } A_v \cdot 12 - 100 \cdot 12 - 100 \cdot 10 - 100 \cdot 8 - 100 \cdot 6 - \\ & \quad - 100 \cdot 4 - 200 \cdot (2,828) = 0 \\ A_v & = + 380,47 \text{ kg } (\uparrow). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum V = 0 & \text{ --- } B_v + 380,47 = (5 \cdot 100) + 141,4 \\ B_v & = 260,93 \text{ kg } (\uparrow) \end{aligned}$$

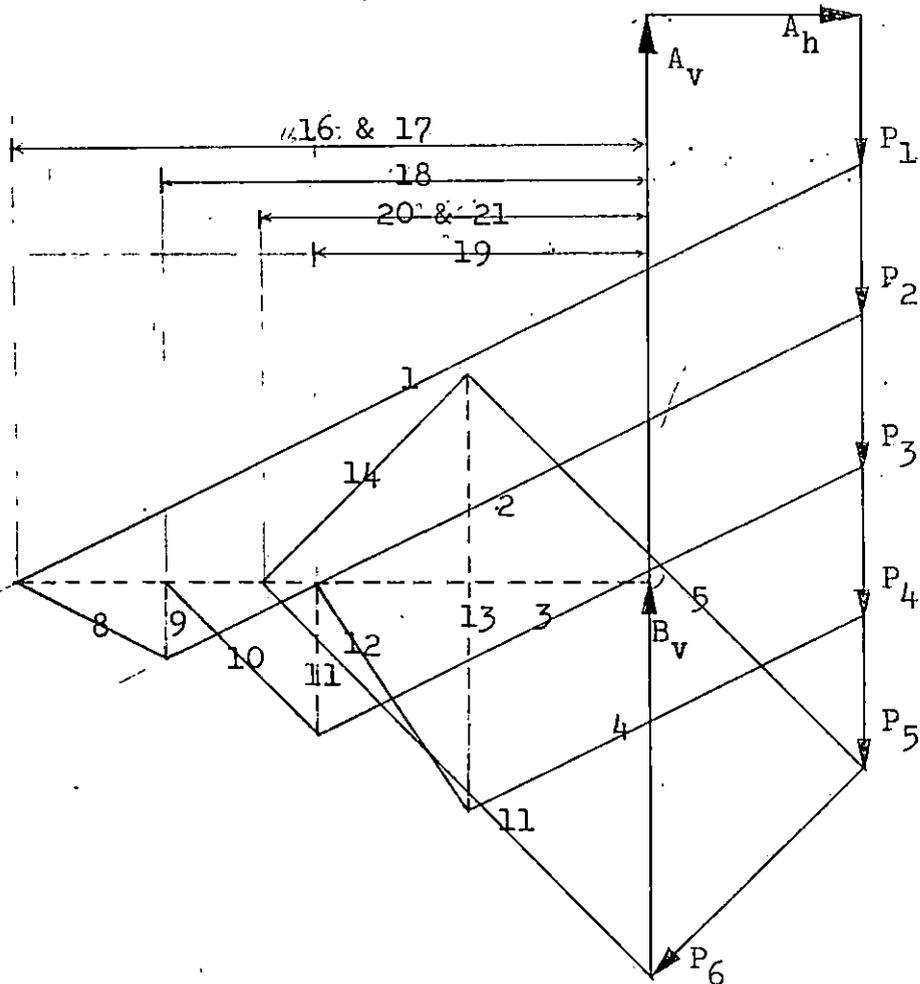
$$\sum H = 0 \text{ --- } A_h = 141,4 \text{ kg } (\rightarrow).$$

Sebelum melukis gaya-gaya batang, kita harus melukis terlebih dahulu reaksi-reaksi tumpuan dan gaya-gaya luar. Karena reaksi tumpuan dan gaya luar mengadakan keseimbangan, maka lukisannya akan menutup. Dalam melukis ini harus kita urut searah jarum jam. Disini di mulai;  $A_v$  -  $A_h$  - P1 - P2 - P3 - P4 - P5 - P6<sub>v</sub>. (gambar 24-b)

Skala jarak 1cm = 1m  
 Skala gaya 1cm = 50kg



Gambar 24-a



Gambar 24-b

Selanjutnya diagram cremona dari rangka batang akan dapat dilukis dengan urutan sbb;

- a. Simpul A;  $A_v - A_h - P_1 - s_1 - s_{16}$ .
- b. Simpul H;  $s_{16} - s_7 - s_{17}$ .
- c. Simpul C;  $s_7 - s_1 - P_2 - s_2 - s_8$ .
- d. Simpul I;  $s_{17} - s_8 - s_9 - s_{18}$ .
- e. Simpul D;  $s_9 - s_2 - P_3 - s_3 - s_{10}$ .
- f. Simpul J;  $s_{18} - s_{10} - s_{11} - s_{19}$ .
- g. Simpul E;  $s_{11} - s_3 - P_4 - s_4 - s_{12}$ .
- h. Simpul F;  $s_4 - P_5 - s_5 - s_{13}$ .
- i. Simpul K;  $s_{19} - s_{12} - s_{13} - s_{14} - s_{20}$ .
- j. Simpul L;  $s_{20} - s_{15} - s_{21}$ .
- k. Simpul G;  $s_{15} - s_{14} - s_5 - P_6 - s_6$ .

#### Daftar Gaya-Gaya Batang.

No. Batang	: 1	: 2	: 3	: 4	: 5	: 6	:		
Pjg.Btg.(m)	: 2,24	: 2,24	: 2,24	: 2,24	: 2,83	: 2,83	:		
Gaya Btg(kg)	: -625	: -515	: -400	: -290	: -365	: -365	:		
	: 7	: 8	: 9	: 10	: 11	: 12	: 13	: 14	:
	: 1,00	: 2,24	: 2,00	: 2,83	: 3,00	: 3,60	: 4,00	: 2,83	:
	: 0	: -110	: +50	: -140	: +100	: -180	: +290	: -195	:
	: 15	: 16	: 17	: 18	: 19	: 20	: 21	:	
	: 2,00	: 2,00	: 2,00	: 2,00	: 2,00	: 2,00	: 2,00	:	
	: 0	: +415	: +415	: +320	: +220	: +255	: +255	:	

## BAB IV

### METODA RITTER

#### A. Dasar Perhitungan.

Metoda ritter biasa juga disebut dengan metoda pemotongan batang secara analitis. Pemotongan disini dimaksudkan hanya pemotongan dalam pikiran saja.

Keistimewaan metoda ini adalah, kita dapat menentukan besar gaya-gaya batang yang kita kehendaki. Jadi tidak perlu dicari besar gaya dari semua batang dan mengerjakannya menurut urutan titik simpul seperti yang dilakukan pada metoda cremona dan keseimbangan titik buhul. Oleh sebab itu disamping dapat mencari gaya-gaya batang, metoda ini dapat juga digunakan untuk mengontrol gaya-gaya batang yang telah didapat dengan metoda cremona atau metoda keseimbangan titik buhul. Dan selain itu metoda ini akan dapat membantu metoda cremona atau keseimbangan titik buhul dalam menyelesaikan suatu perhitungan konstruksi rangka, sehingga perhitungan cremona atau keseimbangan titik buhul dapat dilanjutkan lagi.

Dalam menyelesaikan perhitungan konstruksi rangka batang dengan metoda ritter, kita dapat mengikuti langkah-langkah perhitungan sebagai berikut;

1. Tentukan reaksi tumpuan yang bekerja pada konstruksi.
2. Tetapkan batang-batang mana yang akan kita cari besar gaya batangnya, dan potonglah konstruksi melalui batang-batang tersebut.

Dalam pemotongan batang konstruksi harus terpotong menjadi dua bagian. Dan disamping itu jumlah batang yang dipotong maksimum 3 buah, dan kecuali ada juga 4 batang untuk rangka K. Jika batang yang terpotong lebih dari 3 buah, maka persamaan yang didapat tidak akan dapat diselesaikan.

3. Kita pandang salah satu bagian dari potongan-konstruksi tersebut dengan menganggap potong-

an yang lain tidak ada.

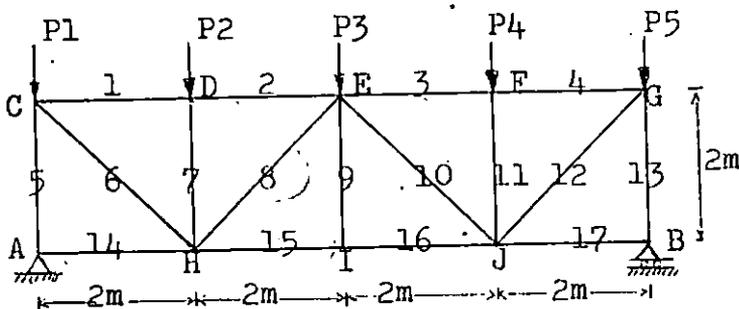
Gaya batang dari batang yang dipotong pertama tama dianggap menerima gaya tarik (meninggal kan titik buhul). Bila hasilnya positif (+), - maka batang menerima tarik dan jika hasilnya- negatif, maka batang menerima tekan (-).

Potongan konstruksi yang kita tinjau berada dalam kea - daan seimbang, maka gaya-gaya luar (termasuk reaksi tum puan pada potongan) dan gaya dari batang-batang yang ki ta potong juga akan berada dalam keadaan seimbang. De- ngan bantuan tiga syarat kesetimbangan, maka gaya-gaya batang tersebut akan didapatkan besarnya.

#### B. Contoh-Contoh Perhitungan.

Untuk lebih jelasnya pemakaian metoda ritter da- pat kita lihat perhitungan sebagai berikut;

1. Suatu konstruksi rangka dengan bentuk dan ukuran se- perti pada gambar 25-a. Besar gaya yang bekerja;  $P_1 = P_2 = P_3 = 500 \text{ kg}$ .  $P_4 = P_5 = 300 \text{ kg}$



Gambar 25-a

Diminta; Tentukan gaya-gaya batang  $s_2$ ,  $s_8$ ,  $s_{15}$ ,  $s_7$ ,  $s_1$ ,  $s_6$ , dan  $s_{14}$ .

Penyelesaian;

a. Mencari reaksi tumpuan.

$$\sum M_B = 0 \rightarrow A_v \cdot 8 - P_1 \cdot 8 - P_2 \cdot 6 - P_3 \cdot 4 - P_4 \cdot 2 - P_5 \cdot 0 = 0$$

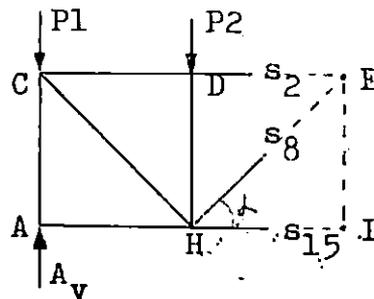
$$A_v = 1200 \text{ kg } (\uparrow)$$

$$\sum V = 0 \rightarrow A_v + B_v = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

$$B_v = 900 \text{ kg } (\uparrow).$$

b. Mencari Gaya batang  $s_2$ ,  $s_8$ , dan  $s_{15}$ .

Untuk ini dapat dilakukan potongan I-I, dan kita tinjau potongan sebelah kiri (gambar 25-b). Kita tinjau potongan ini, karena jumlah gayanya lebih sedikit bila dibandingkan dengan potongan yang satu lagi, sehingga lebih mudah penyelesaiannya.



Gambar 25-b

Gaya dari batang yang dipotong meninggalkan titik simpul (menerima tarikan). Selanjutnya dengan bantuan persamaan kesetimbangan didapatkan gaya-gaya batang tersebut.

$$\sum M_E = 0 \rightarrow A_v \cdot 4 - P_1 \cdot 4 - P_2 \cdot 2 + s_2 \cdot 0 + s_8 \cdot 0 - s_{15} \cdot 2 = 0$$

$$s_{15} = + 900 \text{ kg (tarik).}$$

$$\sum M_H = 0 \rightarrow A_v \cdot 2 - P_1 \cdot 2 - P_2 \cdot 0 + s_2 \cdot 2 + s_{15} \cdot 0 = 0$$

$$s_2 = - 700 \text{ ks (tekan).}$$

Untuk mendapatkan gaya batang  $s_8$ , dapat digunakan persamaan  $\sum M_D = 0$ ,  $\sum M_I = 0$ ,  $\sum V = 0$ , dan  $\sum H = 0$ .

$$\sum M_D = 0 \rightarrow A_v \cdot 2 - P_1 \cdot 2 - s_{15} \cdot 2 - s_8 \cdot \sqrt{2} = 0$$

$$s_8 = -282,8 \text{ kg. (tekan).}$$

$$\sum M_D = 0 \rightarrow A_v \cdot 4 - P_1 \cdot 4 - P_2 \cdot 2 - s_2 \cdot 2 + s_8 \cdot \sqrt{2} = 0$$

$$s_8 = -282,8 \text{ kg.}$$

$$\sum V = 0 \rightarrow A_v - P_1 - P_2 + s_8 \cdot \sin \alpha = 0$$

$$s_8 = -282,8 \text{ kg.}$$

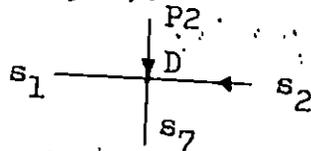
$$\sum H = 0 \rightarrow s_{15} - s_2 + s_8 \cdot \cos \alpha = 0$$

$$s_8 = -282,8 \text{ kg}$$

Dalam perhitungan cukup satu persamaan saja yang kita ambil. Tentu persamaan yang mudah kita selesaikan.

c. Mencari gaya batang  $s_1$  dan  $s_7$ .

Kita buat potongan II-II yang memotong batang  $s_1$ ,  $s_7$ ,  $s_2$ . (gambar 25-b).



Gambar 25-c

$$\sum V = 0 \rightarrow -500 - s_7 = 0$$

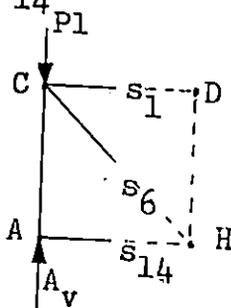
$$s_7 = -500 \text{ kg (tekan).}$$

$$\sum H = 0 \rightarrow -700 - s_1 = 0$$

$$s_1 = -700 \text{ kg (tekan).}$$

d. Mencari gaya batang  $s_6$  dan  $s_{14}$ .

Kita buat potongan III-III yang memotong batang  $s_1$ ,  $s_{16}$ , dan  $s_{14}$ .



Gambar 25-d

$$\Sigma M_H = 0 \rightarrow A_V \cdot 2 - P_1 \cdot 2 - s_1 \cdot 2 = 0$$

$$s_1 = -700 \text{ kg (cocok dengan perhitungan di atas).}$$

$$\Sigma M_C = 0 \rightarrow A_V \cdot 0 - s_{14} \cdot 2 = 0$$

$$s_{14} = 0$$

Harga batang  $s_6$  dapat ditentukan dengan persamaan  $\Sigma M_A = 0$ ,  $\Sigma M_D = 0$ ,  $\Sigma V = 0$ , dan  $H = 0$ . Disini dipakai;

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow s_6 \cdot V_2 - s_1 \cdot 2 = 0$$

$$s_6 = +990 \text{ kg (tarik).}$$

Semua gaya-gaya batang dari konstruksi akan dapat diselesaikan dengan metoda Ritter, yaitu dengan menambahkan potongan-potongan batang.

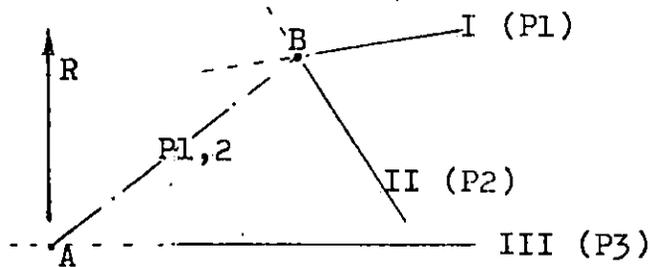
BAB V  
METODA CULMAN

A. Dasar Perhitungan.

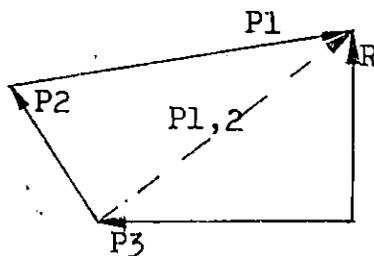
Metoda culman biasa juga disebut metoda pemotongan batang secara grafis. Pada prinsipnya metoda ini persis sama dengan metoda ritter, dimana kita bisa menentukan gaya-gaya batang yang kita kehendaki, tanpa harus - tanpa harus dipengaruhi oleh batang yang lainnya. Karena metoda ini adalah grafis, maka dalam pengerjaannya - kita butuh skala jarak dan skala gaya.

Langkah perhitungan metoda ini persis sama dengan metoda ritter. Cuma dalam meninjau bagian konstruksi yang dipotong untuk mendapatkan gaya-gaya batang dilakukan secara grafis.

Untuk mencari gaya-gaya batang, disini didasarkan kepada prinsip menguraikan sebuah gaya (resultan gaya) menjadi 3 buah gaya yang lain. Dimana garis kerja dari ketiga gaya tersebut telah diketahui arahnya/letaknya. Dan gaya uraian ini seimbang dengan gaya asli (resultan gaya). Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat gambar 26-a, dimana suatu gaya R yang akan diuraikan menurut garis kerja I, II, dan III.



Gambar 26-a



Gambar 26-b

Cara penguraiannya dapat dilakukan sebagai berikut;

1. Hubungkan garis kerja gaya R dengan salah satu garis kerja gaya (disini diambil dengan garis kerja III), sehingga didapatkan titik A.
2. Hubungkan pula kedua garis kerja gaya yang lainnya, sehingga didapat titik B
3. Hubungkan titik A dan titik B. Garis A-B merupakan - garis kerja dari resultante dari garis I dan II. (lihat gambar 26-a)
4. Gaya R dapat kita uraikan kepada garis AB dan garis kerja III, dan kemudian gaya garis kerja  $A \rightarrow B$  diuraikan lagi kepada garis kerja I dan II, sehingga arah dan besar gaya-gaya  $P_1$ ,  $P_2$  dan  $P_3$  akan didapatkan. Penguraian ini dapat dilakukan dengan bantuan poli - gon/segitiga gaya. Seperti yang terlihat pada gambar 26-b.

#### B. Contoh-Contoh Perhitungan.

Untuk lebih jelasnya pemakaian metoda culman dapat kita lihat contoh perhitungan berikut.

Suatu konstruksi mempunyai bentuk dan muatan seperti pada gambar 27-a. Beban  $P_1 = P_2 = P_3 = 500$  kg.

$$P_4 = P_5 = 300 \text{ kg.}$$

Diminta; Tentukan gaya-gaya batang  $s_1, s_6, s_{14}, s_2, s_8, s_{15}, s_3, s_{10}$ , dan  $s_{16}$ .

Penyelesaian.

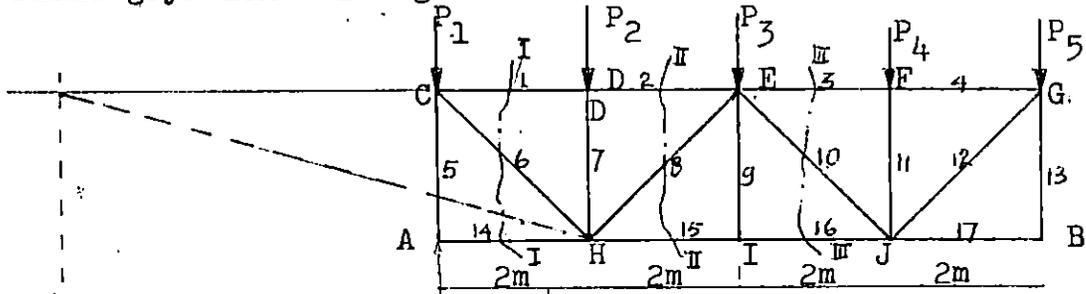
Cari reaksi tumpuan  $A_V$  dan  $B_V$  dengan bantuan lukisan kutup dan poligon batang (gambar 27-b dan gambar 27-c).

1. Menentukan gaya-gaya batang  $s_1, s_6$ , dan  $s_{14}$ .

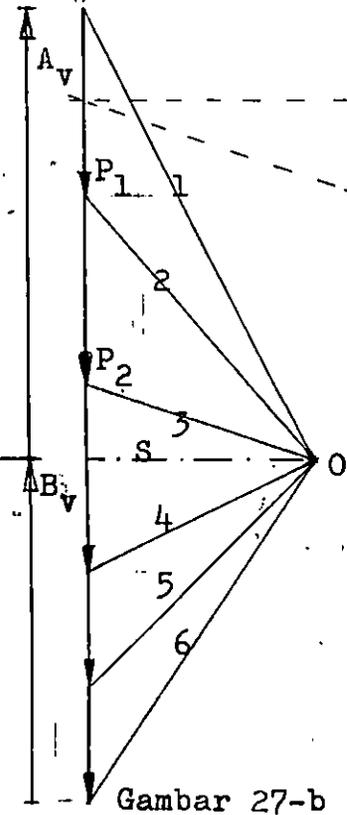
Buat potongan I-I, kita pandang potongan sebelah kiri. Besar gaya  $R = A_V - P_1$ , dan bekerjanya pada titik A. Garis kerja resultan  $s_1$  dan  $s_6$  adalah A-C, sedangkan garis kerja R juga adalah A-C, maka harga  $s_2 = 0$ . Dan selanjutnya R diuraikan kepada  $s_1$  dan  $s_6$ . (lihat-gambar 27-d).

Skala jarak 1cm = 1m

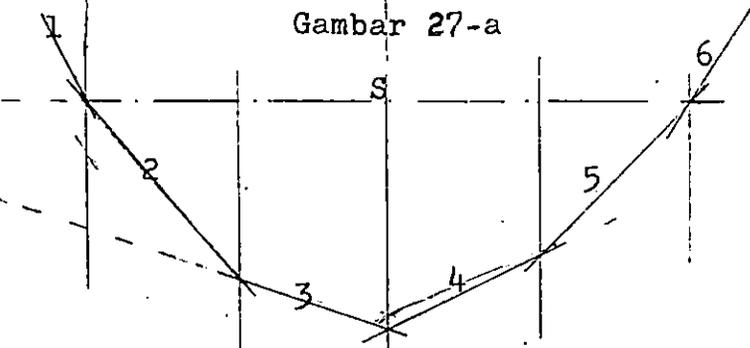
Skala gaya 1cm = 200kg



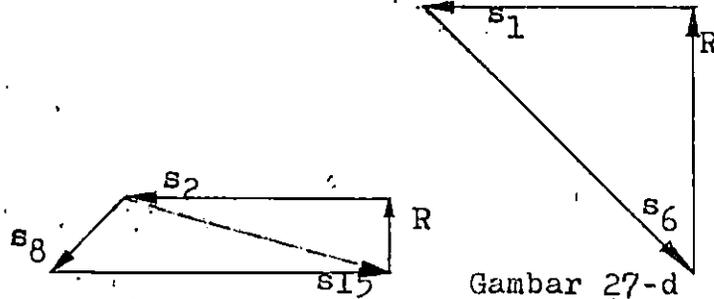
Gambar 27-a



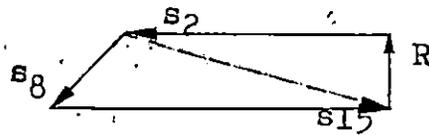
Gambar 27-b



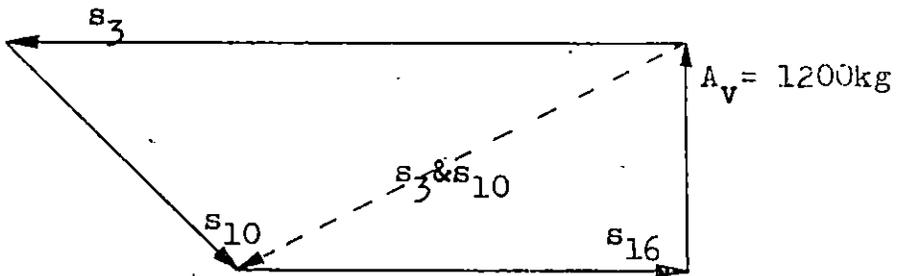
Gambar 27-c



Gambar 27-d

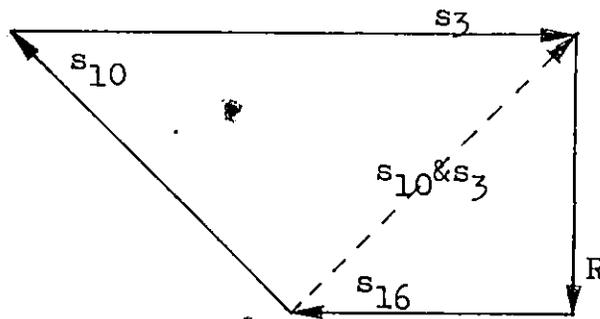


Gambar 27-e



Gambar 27-f

skala gaya 1cm = 400kg



Gambar 27-f

skala gaya 1cm = 400kg

Berdasarkan gambar 27-d, didapatkan;

$$s_{14} = 0$$

$$s_1 = -3,5 \cdot 200 = -700 \text{ kg (tekan).}$$

$$s_6 = +4,95 \cdot 200 = +990 \text{ kg (tarik).}$$

2. Menentukan gaya-gaya batang  $s_2$ ,  $s_8$ , dan  $s_{15}$ .

Buat potongan II-II, kita pandang potongan sebelah kiri. Besar gaya  $R = A_v - P_1 - P_2 = 200 \text{ kg}$  (pada gambar 27-b panjang  $R = 1 \text{ cm}$ ).

Resultante  $R$  inilah yang akan mengadakan keseimbangan dengan gaya-gaya batang  $s_2$ ,  $s_8$ , dan  $s_{15}$ . Supaya  $R$  dapat diuraikan kepada gaya-gaya batang tersebut, maka kita harus tahu garis kerja dari  $R$  tersebut. Untuk ini dapat kita lihat dari gambar 27-b, bahwa  $R$  terletak diantara jari-jari 3 dan  $S$ . Maka berdasarkan gambar 27-c, garis kerja  $R$  juga terletak pada pertemuan jari-jari 3 dan  $S$  dan garis kerja bekerja tegak lurus pada titik pertemuan tersebut. Selanjutnya garis kerja  $R$  diperpanjang sehingga berpotongan dengan garis kerja  $s_2$  dan perpotongan ini dihubungkan pula dengan perpotongan  $s_8$  dan  $s_{15}$  (titik  $H$ ). Dengan bantuan poligon gaya (gambar 27-e), akan didapatkan;

$$s_2 = 3,5 \text{ cm} \cdot 200 \text{ kg} = -700 \text{ kg (tekan).}$$

$$s_8 = 1,4 \text{ cm} \cdot 200 \text{ kg} = -280 \text{ kg (tekan).}$$

$$s_{15} = 4,5 \text{ cm} \cdot 200 \text{ kg} = +900 \text{ kg (tarik).}$$

### 3. Mencari gaya batang $s_3$ , $s_{10}$ , dan $s_{16}$ .

Dibuat potongan III-III, kita pandang potongan sebelah kiri. Besar gaya  $R = A_v - P_1 - P_2 - P_3 = -300 \text{ kg}$  (1,5cm), ini terletak diantara jari  $s$  dan 4. Jika  $s$  dan 4 dihubungkan dalam gambar 27-c untuk mendapatkan letak garis kerja  $R$ , maka titik pertemuannya tidak didapat, sehingga gaya  $R$  juga tidak dapat diuraikan terhadap batang 3, 10, dan 16.

Untuk mencari gaya-gaya batang, bisa ditempuh cara berikut, yaitu dengan menggambar dua buah poligon gaya. Pertama kita buat poligon gaya dimana  $A_v$  yang mengadakan keseimbangan dengan batang 3, 10, dan 16, sehingga didapatkan gaya batang  $s_3'$ ,  $s_{10}'$ , dan  $s_{16}'$ .

(lihat gambar 27-f). Selanjutnya kita buat pula poligon, dimana resultante dari  $P_1$ ,  $P_2$ , dan  $P_3$  ( $R$ ), mengadakan keseimbangan dengan batang-batang, sehingga didapatkan gaya batang  $s_3''$ ,  $s_{10}''$ , dan  $s_{16}''$ . (gambar 27-g). Letak garis kerja  $R$  berdepet dengan garis kerja  $P_2$ .

Kemudian untuk mendapatkan gaya batang yang sebenarnya, didapatkan dengan menjumlahkan kedua hasil poligon tersebut, yaitu;

$$\begin{aligned} s_3 &= s_3' + s_3'' \\ &= (-9\text{cm} + 7,5\text{cm}) \cdot 400\text{kg} = -600\text{kg} \text{ (tekan)}. \\ s_{10} &= (-5,3\text{cm} + 4,25\text{cm}) \cdot 400\text{kg} = -420\text{kg} \text{ (tekan)}. \\ s_{16} &= (6\text{cm} - 3,75) \cdot 400\text{kg} = +900 \text{ kg (tarik)}. \end{aligned}$$

Demikianlah beberapa pemakaian metoda culman untuk mencari gaya-gaya batang dari suatu konstruksi rangka batang.

DAFTAR PUSTAKA

Arief Darmadi, Ir. Ichwan, Drs. Ilmu Gaya Sipil 2. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1979.

Heinz Frick, Ir. Mekanika Teknik I Statika dan Kegunaannya. Yogyakarta: Yayasan Kanisius, 1979.

J.G.C. Hofsteede, Ir dan P.J. Kramer, Ir. Ilmu Mekanika Teknik Bagian A. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1984.

Yuan-Yu Hsieh, Prof. Elementary Theory of Structures. Taiwan: Prentice-Hall, Inc, 1982.

Soemono, Prof. Statika 2. Bandung: ITB. 1980.

Widodo. Penyelesaian Soal-Soal Mekanika Teknik. Yogyakarta. Lembaga Kesejahteraan Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia, 1977.

----- . Ilmu Gaya Terpakai Mekanika Teknik Konstruksi Statis Tertentu Untuk Universitas Jilid 3.