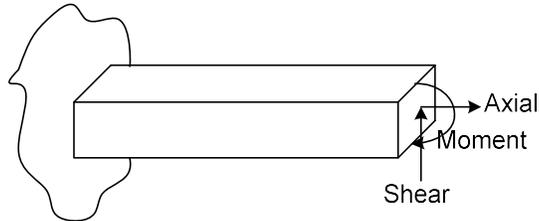


2. KONSTRUKSI RANGKA BATANG

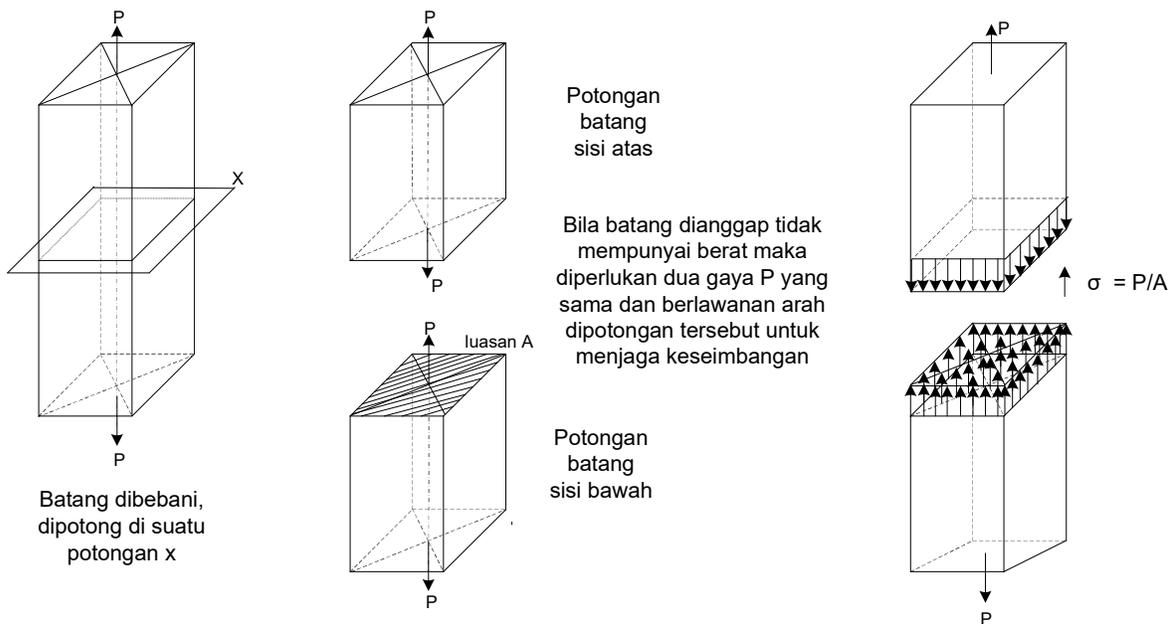
2.1. PENDAHULUAN :

Sebuah balok yang mendukung gaya axial, gaya geser dan momen lentur akan mengalami tegangan axial, tegangan geser dan tegangan lentur, seperti tergambar berikut.



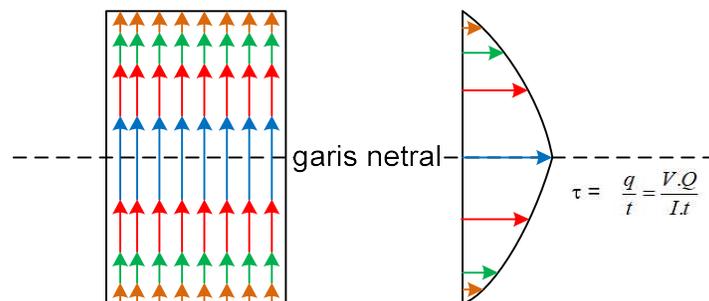
Gambar 2.1. Penampang Balok mengalami gaya-gaya dalam Axial, Shear dan Moment

Gaya axial (tarik atau tekan) mengakibatkan tegangan axial (tarik dan tekan) merata pada luasan penampang balok, seperti terlihat pada Gambar 2.2.berikut.



Gambar 2.2. ilustrasi balok yang menerima gaya axial dan gambar tegangan axial yang terjadi

Sedangkan gaya geser mengakibatkan tegangan geser yang besarnya maksimum di sekitar garis netral penampang dan makin ke tepi makin kecil seperti terlihat pada gambar 2.3.berikut.



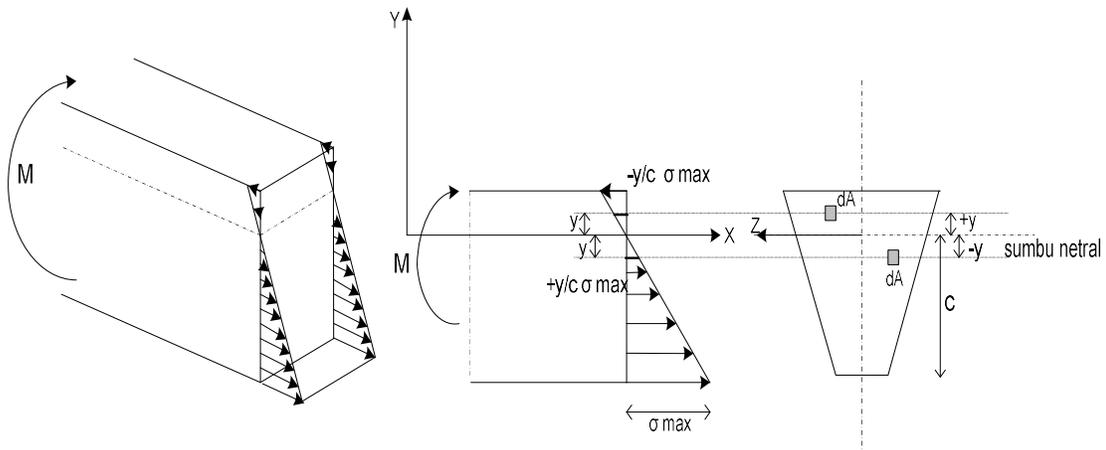
Gambar 2.3. Ilustrasi balok yang mengalami gaya geser dan gambar tegangan geser yang terjadi.

Rumus Tegangan Geser adalah :

$$\tau = \frac{q}{t} = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t}$$

- dimana :
- V = gaya geser arah vertikal
 - Q = statis momen dari luas penampang di sisi atas (atau sisi bawah) dari potongan dimana tegangan geser di tanyakan ke garis netral
 - I = kekakuan arah sumbu x
 - t = tebal penampang pada potongan dimana tegangan geser ditanyakan

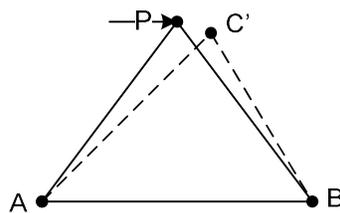
Sebaliknya tegangan lentur akibat momen lentur, akan bernilai maksimum di serat-serat tepi/luar, dan makin ke tengah makin kecil, seperti terlihat pada Gambar 2.4. berikut.



Gambar 2.4. Ilustrasi balok yang mengalami momen lentur dan gambar tegangan lentur yang terjadi.

Namun pada umumnya, tegangan geser jauh lebih kecil dari tegangan akibat momen lentur terutama pada serat terluar. Oleh karena itu, konstruksi demikian menjadi tidak hemat. Konstruksi yang baik ialah apabila tegangan pada seluruh konstruksi merata, dan hal ini dapat didekati (atau dicapai) dengan konstruksi yang hanya mendukung gaya aksial murni. Salah satu cara yaitu dengan menggunakan konstruksi rangka batang yang terdiri dari batang-batang yang terletak pada sebuah bidang rata dihubungkan sesamanya dengan sendi pada ujung-ujungnya sehingga membentuk bangunan yang kokoh.

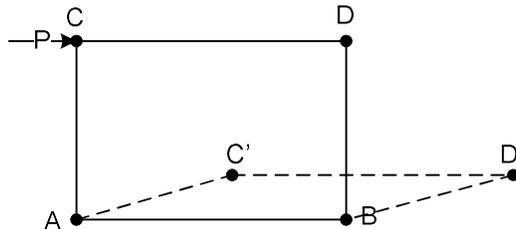
Bentuk dasar daripada konstruksi rangka batang adalah segitiga. Perhatikan sebuah bangunan berbentuk segitiga ABC (Gambar 2.5), susunan ini tidak akan jatuh akibat gaya luar pada salah satu titik simpul (atau di semua titik simpul)



Gambar 2.5. Konstruksi berbentuk segitiga

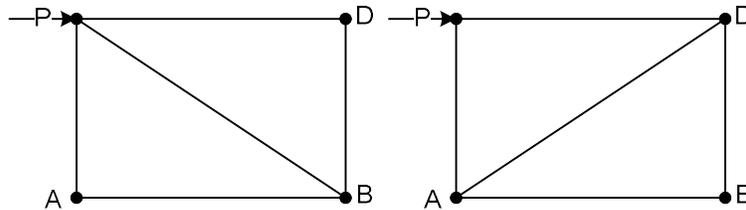
Akibat gaya luar, maka di dalam batang timbul gaya-gaya dalam. Gaya yang berusaha menambah panjang batang, baik akibat gaya luar maupun akibat perubahan suhu, disebut gaya tarik (+), sedangkan gaya yang berusaha memperpendek batang disebut gaya tekan (-). Dengan mengabaikan perubahan panjang batang, baik akibat gaya luar maupun akibat perubahan suhu, karena memang nilainya sangat kecil, maka titik A, B dan C relatif tidak berubah, sehingga konstruksi dikatakan stabil/mantap.

Sebaliknya, susunan yang terdiri dari 4 batang, seperti tergambar di Gambar 2.6, adalah tidak stabil, karena bekerjanya gaya mendatar P yang sangat kecil saja akan menyebabkan konstruksi roboh.



Gambar 2.6. Konstruksi berbentuk segiempat

Untuk mendapatkan susunan yang stabil/mantap, perlu ditambah satu batang diagonal AD atau BC, sehingga merupakan kumpulan dua segitiga yang stabil kedudukannya, seperti terlihat di Gambar 2.7 berikut :



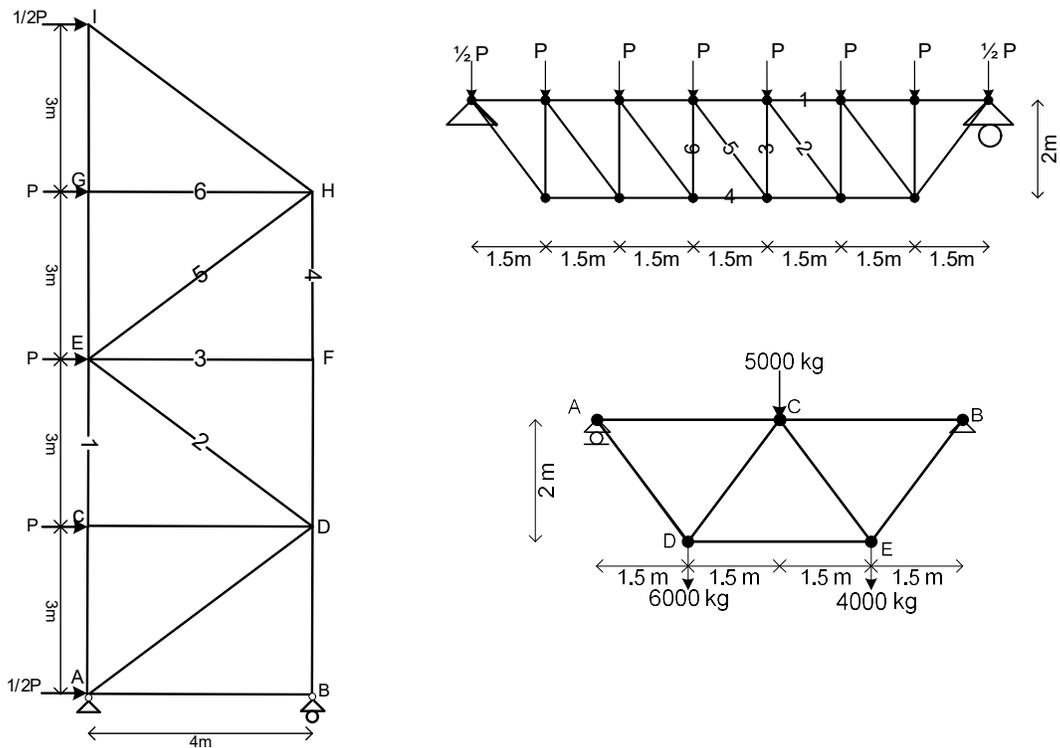
Gambar 2.7. Konstruksi berbentuk kumpulan batang-batang membentuk segitiga

Cara mengontrol konstruksi rangka batang stabil atau tidak yaitu dengan melihat bentuk dasarnya yaitu terdiri dari segitiga-segitiga, selain itu juga menghitung jumlah batang-batangnya yaitu memenuhi persamaan berikut :

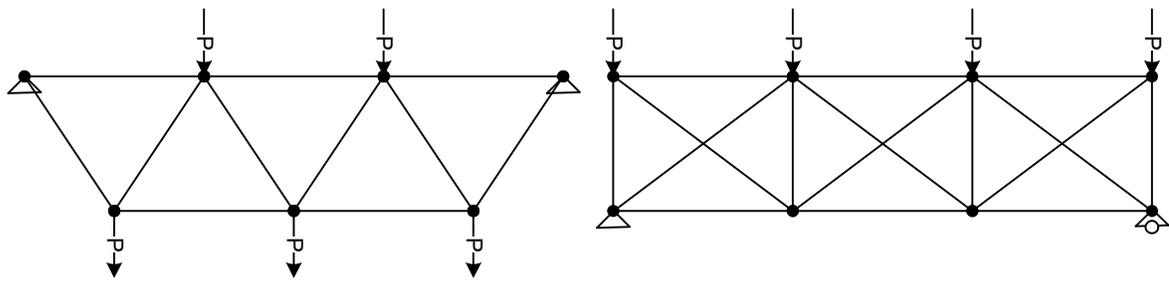
$B \geq 2S - R$, dimana : B = jumlah batang
 S = jumlah titik simpul (pertemuan batang), termasuk perletakan
 R = jumlah reaksi perletakan

Bila $B = 2S - R$, maka konstruksi rangka batang stabil statik tertentu
 $B < 2S - R$, maka konstruksi rangka batang labil
 $B > 2S - R$, maka konstruksi rangka batang stabil statik tak tentu

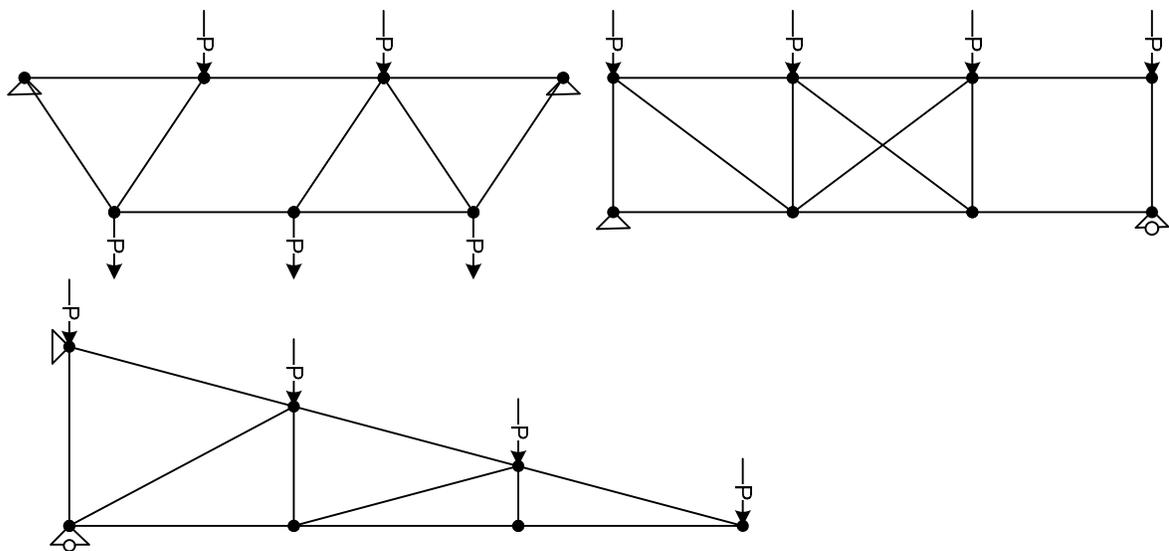
Berikut adalah contoh-contoh Konstruksi Rangka Batang :



Gambar 2.8. Contoh-Contoh Konstruksi Rangka Batang Statis Tertentu dan Stabil



Gambar 2.9. Contoh-Contoh Konstruksi Rangka Batang Statis Tak Tentu dan Stabil



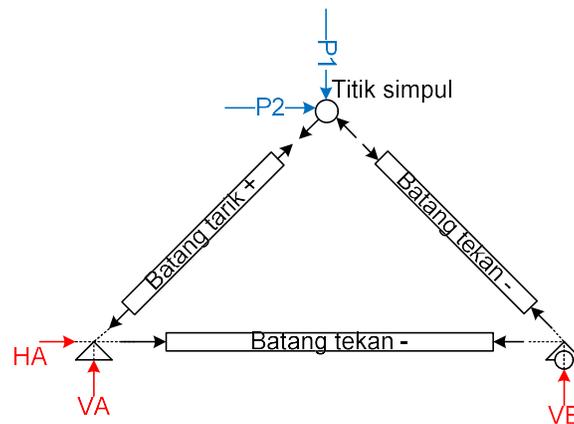
Gambar 2.10. Contoh-Contoh Konstruksi Rangka Batang Labil

2.2. PENYELESAIAN KONSTRUKSI RANGKA BATANG

Untuk mencari reaksi-reaksi perletakan pada konstruksi rangka batang, sama seperti pada penyelesaian konstruksi balok atau portal. Berlaku 3 keseimbangan statika yaitu $\sum V=0$, $\sum H=0$ dan $\sum M_i=0$ (di semua titik simpul termasuk perletakan). Penyelesaian reaksi perletakan bisa secara analitis maupun secara grafis (ada di mata kuliah Statika 1).

Untuk mencari gaya-gaya batang, digunakan prinsip uraian gaya, dimana 1 gaya bisa diuraikan dalam 2 arah. Untuk itu, dalam menyelesaikan gaya batang bisa dimulai dari titik simpul dimana terdapat 2 batang yang belum diketahui gaya batangnya. Selanjutnya, diteruskan ke titik simpul berikutnya dimana terdapat 2 batang yang belum diketahui gaya batangnya. Selanjutnya, diteruskan lagi ke titik simpul berikutnya lagi dimana terdapat 2 batang yang belum diketahui gaya batangnya. Prinsip uraian gaya tersebut bisa dilakukan secara analitis (menggunakan prinsip keseimbangan statika $\sum V=0$ dan $\sum H=0$) maupun secara grafis (menggunakan lukisan kutub). Karena gaya-gaya batang yang dicari lebih dari 2 batang, maka gabungan penyelesaian gaya batang di semua titik simpul dengan cara analitis dikatakan metode keseimbangan titik. Sedangkan gabungan lukisan kutub di semua titik simpul (penyelesaian secara grafis) dikatakan lukisan Cremona.

Yang penting diperhatikan disini, adalah arah-arah gaya yang bekerja, perjanjian tandanya, perhatikan gambar 2.11 berikut :



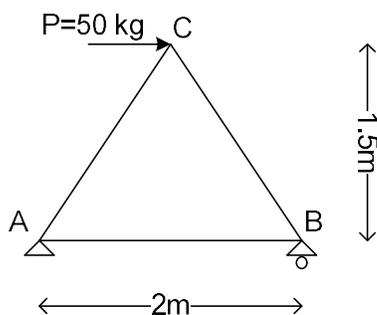
Gambar 2.11 perjanjian tanda gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi rangka batang

III. METODA GRAFIS : LUKISAN CREMONA

Metoda lukisan Cremona, adalah penyelesaian dengan cara grafis, yaitu menggunakan keseimbangan gaya-gaya di setiap titik simpul dengan membuat lukisan kutub secara berurutan mengikuti arah jarum jam, dimulai dari gaya-gaya yang telah diketahui, kemudian dilanjutkan dengan gaya-gaya yang belum diketahui, hingga membentuk lukisan kutub. Prinsip yang digunakan yaitu menyusun/menjumlahkan dan menguraikan gaya. Gaya-gaya yang sudah diketahui (yaitu: beban-beban yang bekerja) dijumlahkan terlebih dahulu sehingga menjadi satu gaya luar P , selanjutnya gaya luar P tersebut diuraikan menjadi gaya-gaya batang yang bekerja di titik simpul tersebut (gaya dalam). Karena prinsip uraian gaya yaitu 1 gaya hanya bisa diuraikan dalam 2 arah, maka Lukisan Cremona hanya bisa dimulai dari titik simpul yang terdapat 2 batang yang belum diketahui gaya batangnya, selanjutnya bisa ke titik simpul lain selama terdapat 2 gaya batang yang belum diketahui. Perjanjian arah gaya seperti yang telah dibahas sebelumnya. Di titik simpul ; untuk batang tarik, arahnya keluar titik, untuk batang tekan arahnya menuju titik. Setelah lukisan kutub di satu titik simpul selesai, dilanjutkan ke titik simpul berikutnya, perhatikan arah gaya batang akan berbalik arah. Sedangkan untuk gaya-gaya luar termasuk reaksi perletakan arahnya tetap. Lukisan-lukisan kutub tersebut bila digabungkan akan menjadi satu lukisan, disebut lukisan Cremona.

Latihan Soal :

1. KRB sangat sederhana, terdiri dari 3 batang :



SOAL :

Konstruksi Rangka Batang Sederhana seperti tergambar, menerima beban P horisontal di C sebesar 50 kg . Abaikan berat sendiri struktur .

Ditanyakan :

- 1) Hitung Reaksi-Reaksi Perletakannya !
- 2) Hitung gaya-gaya batang yang bekerja, tentukan gaya batang tersebut Tarik atau Tekan

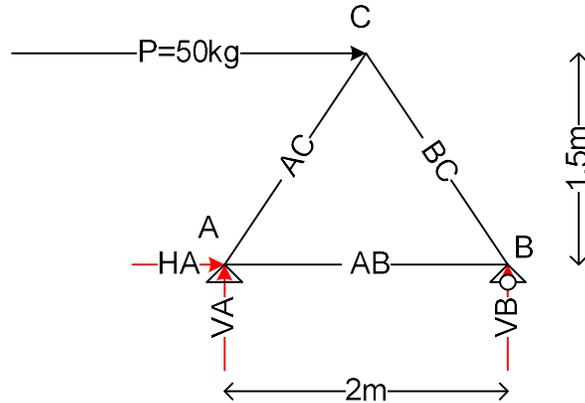
Penyelesaian :

Jika dikerjakan dengan metoda grafis, maka kita harus menggunakan skala , ada 2 skala yang digunakan yaitu :

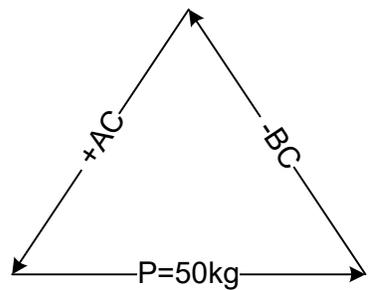
1. skala gaya : digunakan skala $10 \text{ kg} = 1 \text{ cm}$
2. skala panjang : digunakan skala $1 \text{ m} = 2 \text{ cm}$

Jika dikerjakan dengan menggunakan microsoft visio maka kita hanya bisa menggunakan 1 skala yaitu skala gaya $1 \text{ cm} = 10 \text{ kg}$, caranya yaitu dengan mengatur drawing scale : $1 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$ (nantinya panjang

garis yang kita buat akan terbaca panjangnya dalam cm sudah sesuai dengan besar gaya yang kita maksud dengan satuan kg . Untuk menggambar batang-batangnya, skalanya kita atur sedemikian rupa asalkan proporsional dengan panjang batang dalam soal, misalkan untuk batang AB yang panjang 2 m kita buat sebagai garis yang panjangnya 40 cm (panjang garis yang terbaca di gambar), maka untuk tinggi yang 1.5 m kita buat garis yang panjangnya 30 cm. Gambar reaksi-reaksi perletakan VA, HA dan VB , kita buat permisalan sembarang karena belum diketahui hasilnya, sehingga terlihat bahwa ada 6 gaya yang tidak diketahui, yaitu gaya-gaya batang AC,BC dan AB serta reaksi-reaksi VA,HA dan VB . Hasil gambarnya dengan menggunakan Microsoft visio adalah sebagai berikut :



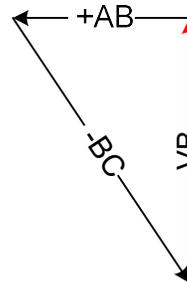
Untuk menyelesaikan reaksi-reaksi dan gaya-gaya batang tersebut, bisa dimulai dari titik simpul dimana terdapat gaya – gaya yang tidak diketahui ada 2 yaitu bisa dimulai di titik C, karena hanya ada 2 gaya batang yang tidak diketahui yaitu BC dan AC, jika menggunakan arah jarum jam maka urutannya adalah : P, BC dan AC , bisa dilihat di gambar 1) :



1) DI C ,URUTAN ARAH
JARUM JAM : P,BC,AC
BC = -45.069 KG
AC = +45.069 KG

hasilnya BC arahnya ke kiri atas (menuju titik C), jadi batang TEKAN, sedang AC arahnya ke kiri bawah (menjauhi titik C), jadi hasilnya batang TARIK. Selanjutnya kita kerjakan di titik B, dengan urutan arah jarum jam urutannya adalah : BC,VB dan AB, namun arah BC terlebih dahulu harus dibalik menjadi kanan bawah, karena untuk di titik B, jika BC batang TEKAN maka arahnya menuju B (arah kanan bawah), bisa dilihat di gambar 2) :

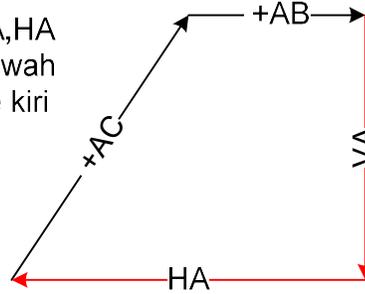
2) DI B : BC,VB,AB
VB = 37.5 KG KE ATAS
AB = +25 KG



hasilnya VB ke atas dan AB ke kiri (menjauhi titik B), jadi batang TARIK.

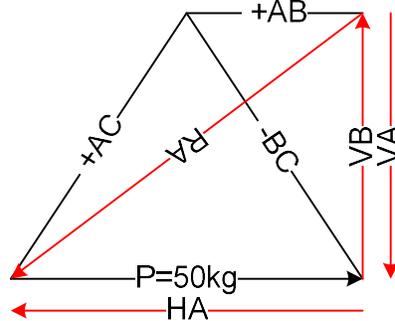
Selanjutnya kita kerjakan di titik A, dengan urutan arah jarum jam : (AC,AB,VA dan HA), namun arah AC dan AB harusdibalik dulu arahnya, hasilnya VA ke bawah dan HA ke kiri, bisa dilihat di gambar 3) :

3) DI A : AC, AB, VA, HA
 VA = 37.5 kg ke bawah
 dan HA = 50 kg ke kiri

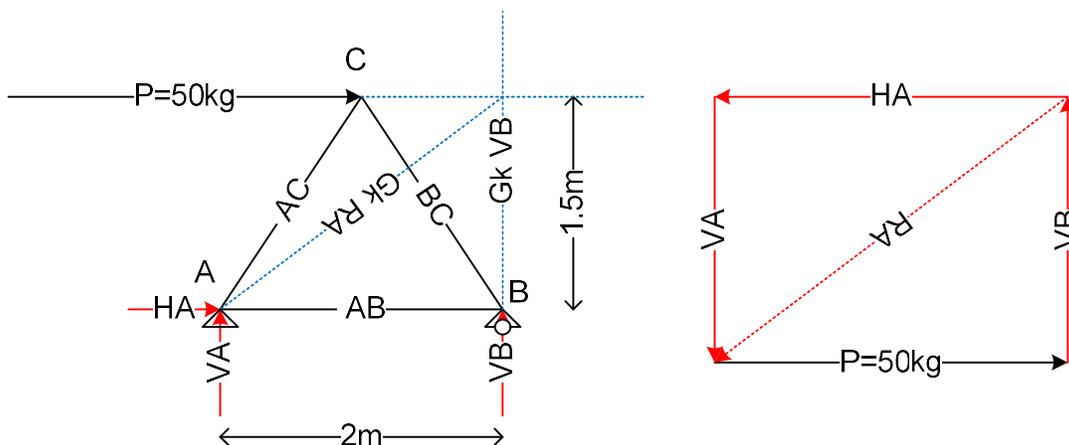


Jika penggambaran gaya-gayanya digabung menjadi satu, arah gaya-gaya batang tidak perlu diberi tanda arah panah, cukup menggunakan notasi (+) untuk tarik dan notasi (-) untuk tekan, gabungan gambar tersebut dinamakan lukisan Cremona, terlihat di gambar 4) :

4) lukisan cremona

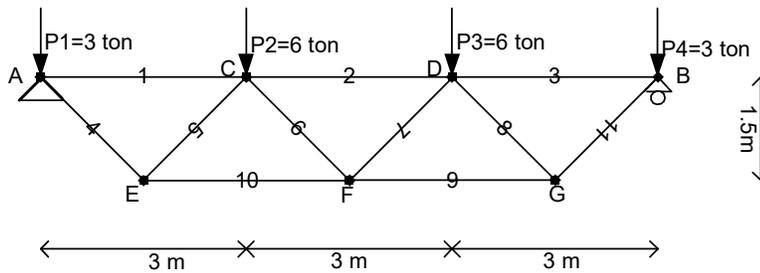


Reaksi- reaksi perletakan VA, HA dan VB, bisa juga dicari secara langsung, namun VA dan HA kita gabungkan dulu dalam 1 arah yaitu sebagai RA, sehingga beban P bisa kita uraikan dalam 2 arah yaitu VB dan RA, caranya yaitu beban P kita potongkan dulu dengan garis kerja VB, selanjutnya dari titik potong tersebut kita tarik ke A, itulah garis kerja RA, hasilnya adalah sebagai berikut :



2. KRB dengan jumlah batang > 3

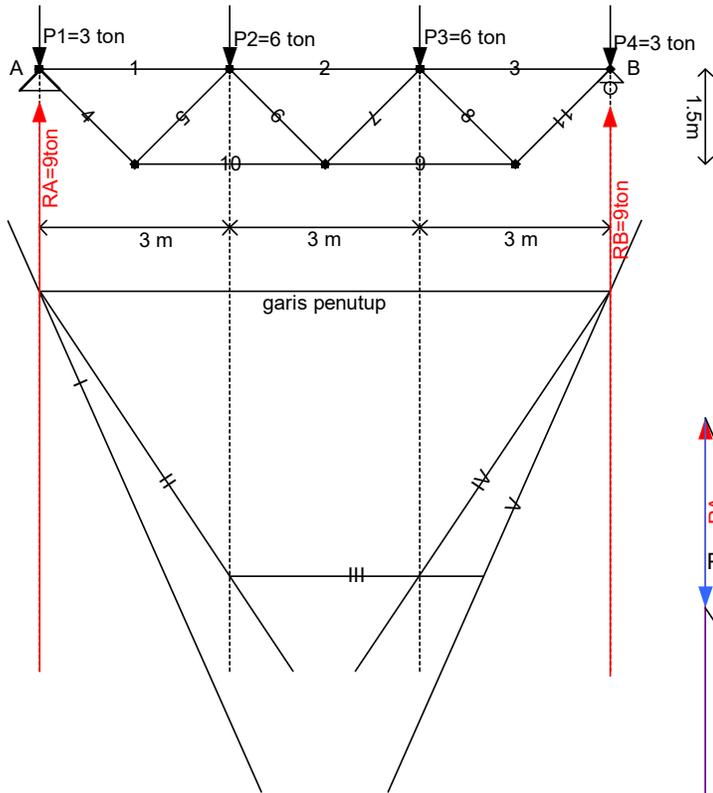
Selesaikan konstruksi rangka batang berikut ini, dengan cara grafis.



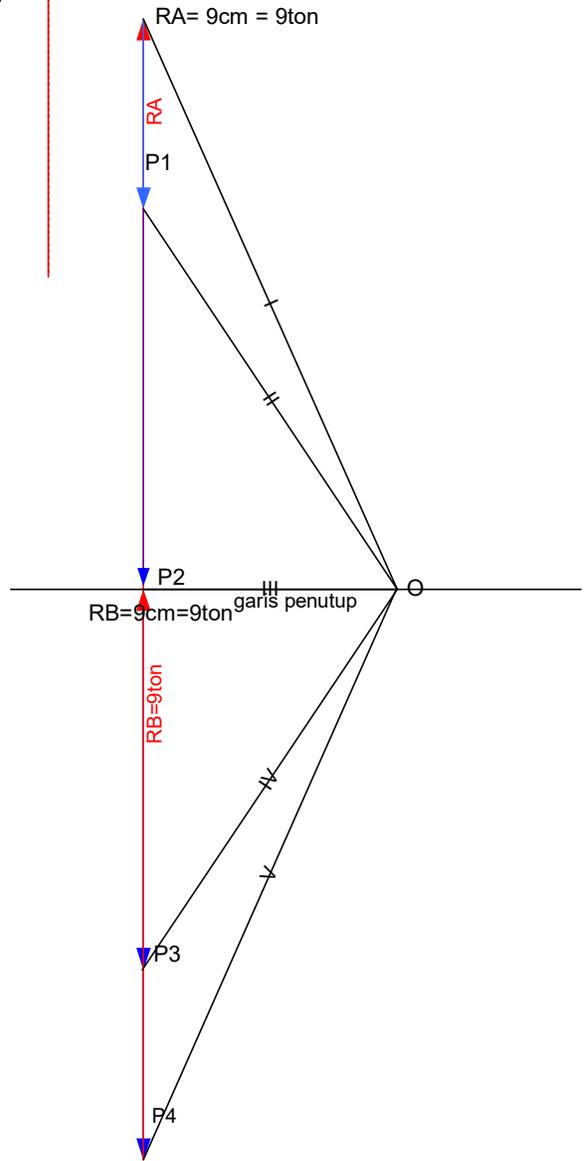
Penyelesaian :

Mencari reaksi-reaksi perletakan :

Karena akan diselesaikan secara grafis, maka reaksi perletakan juga dicari secara grafis, seperti tergambar berikut ini :

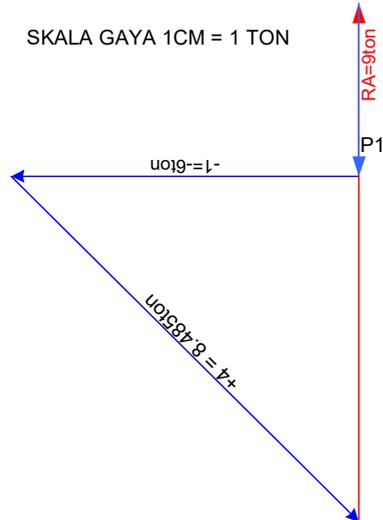


SKALA JARAK 1CM = 1M
 SKALA GAYA 1CM = 1 TON

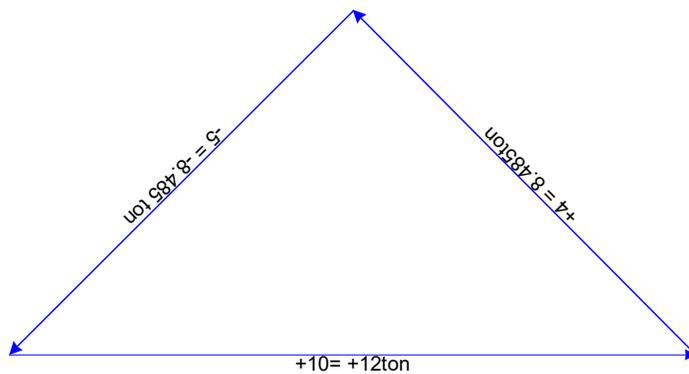


Mencari gaya-gaya batang :

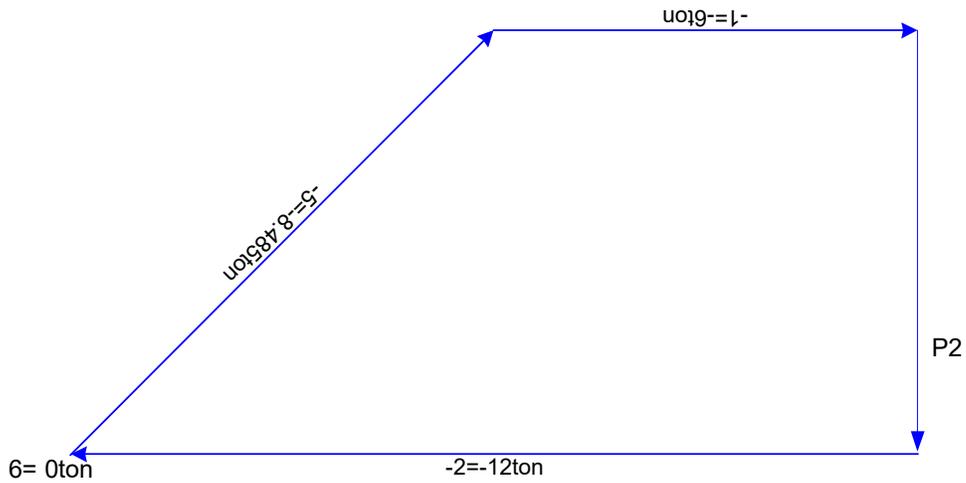
Dimulai dengan membuat lukisan kutub di titik simpul A, yaitu R_A, P_1 kemudian S_1 dan S_4 . Diperoleh, $S_1 = -6\text{ton}$ (tekan, karena arahnya menuju titik A) dan $S_4 = +8.485\text{ton}$ (tarik, karena arahnya menjauhi titik A).



Selanjutnya dibuat lukisan kutub di E, dimulai dari S_4 (perhatikan, arah gaya S_4 menjadi berbalik arah dengan gambar lukisan kutub di A), kemudian S_5 dan S_{10} , diperoleh $S_5 = -8.485\text{ton}$ (tekan, karena arahnya menuju titik E) dan $S_{10} = +12\text{ton}$ (tarik, karena arahnya menjauhi titik E).



Selanjutnya dibuat lukisan kutub di C, dimulai S_5, S_1, P_2 , kemudian S_2 dan S_6 , diperoleh $S_6=0$ dan $S_2= -12\text{ton}$ (tekan).

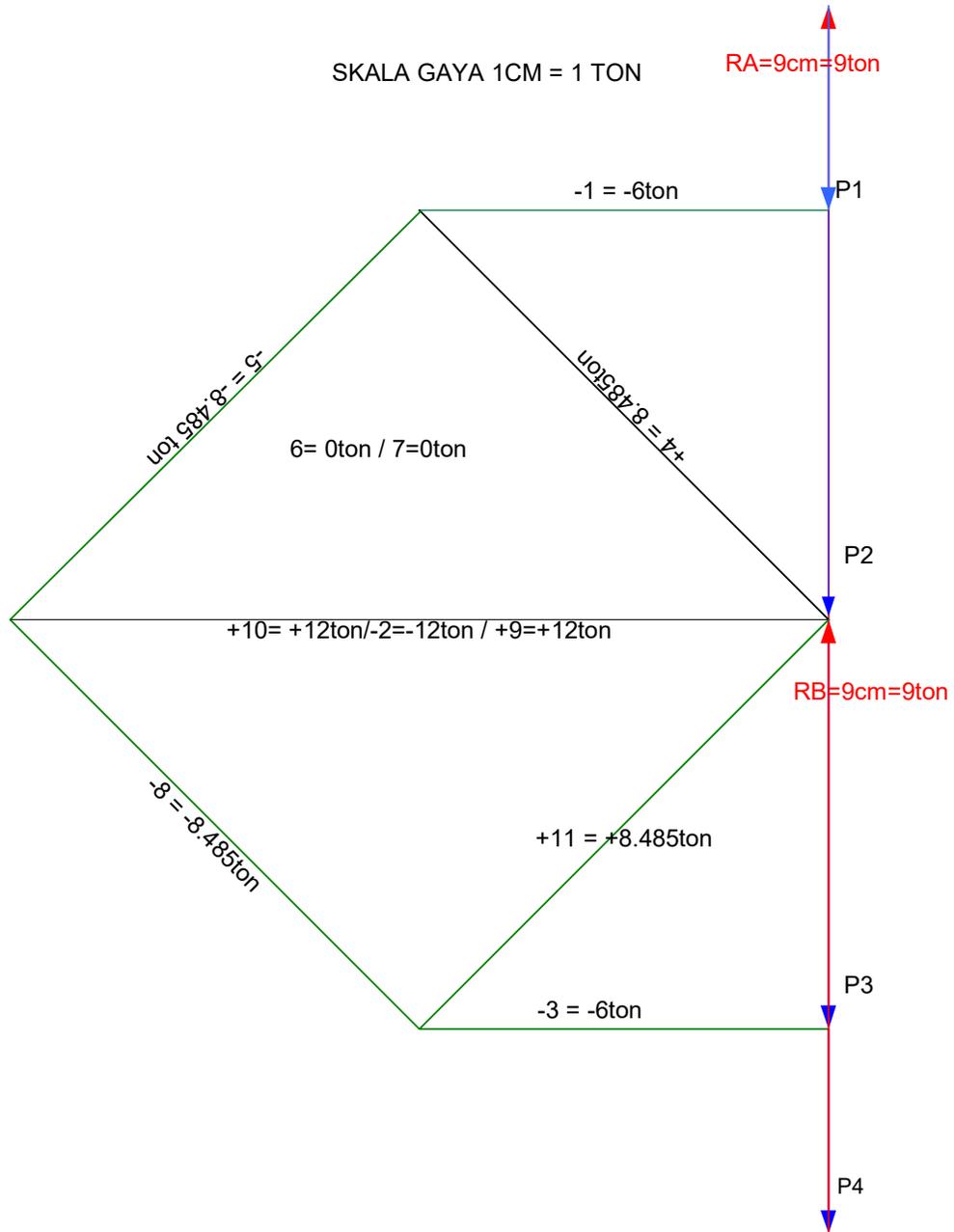


Selanjutnya, dibuat lukisan kutub di titik F, dimulai dari S_{10}, S_6 kemudian S_7 dan S_9 , karena simetris maka $S_7=S_6=0$ dan $S_9=S_{10}=+12\text{ton}$ (tarik).

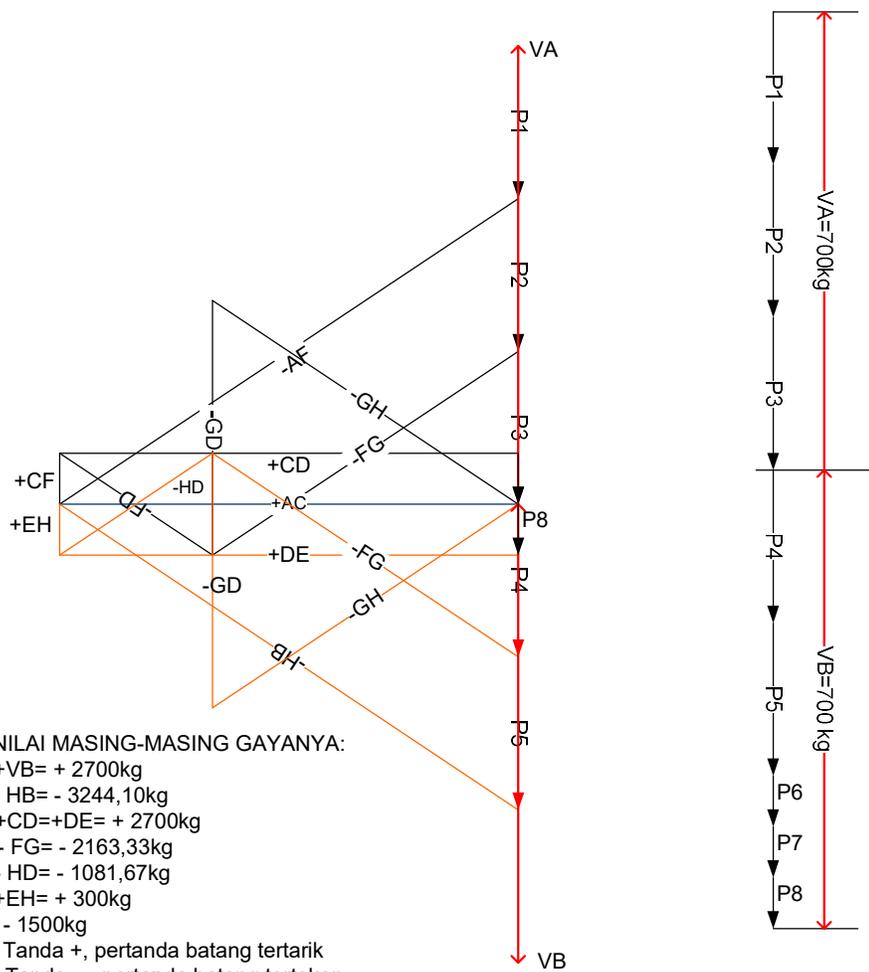
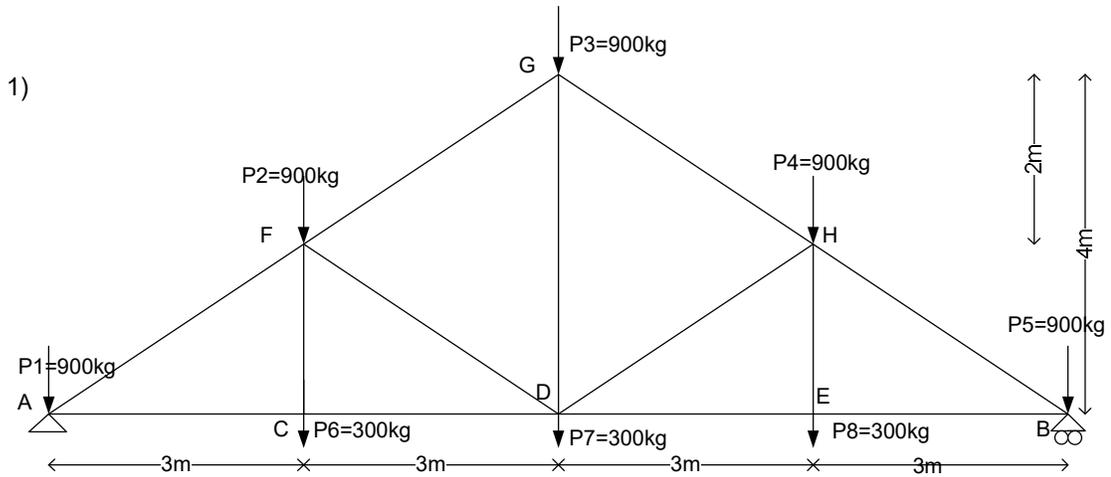


Selanjutnya, karena simetris, $S_3=S_1=-6\text{ton}$ (tekan), $S_8=S_5=-8.485\text{ton}$ (tekan) dan $S_{11}=S_4=+8.485\text{ton}$ (tarik).

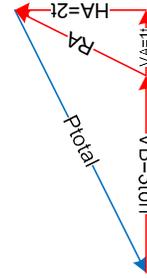
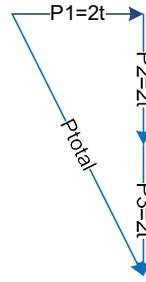
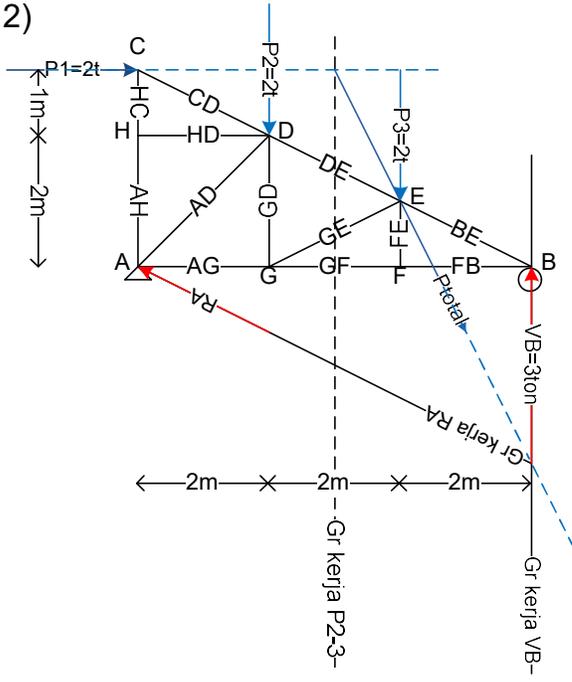
Jika lukisan-lukisan tersebut digabungkan akan menjadi lukisan Cremona seperti tergambar berikut ini.



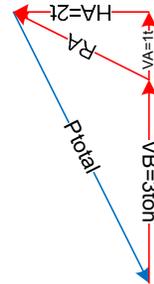
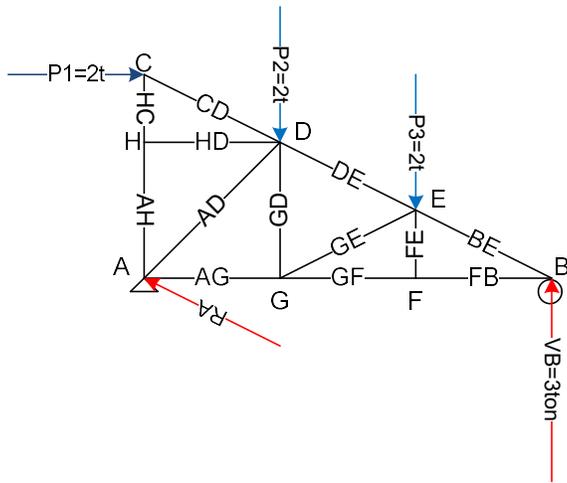
Contoh-contoh lain :



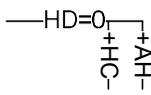
2)



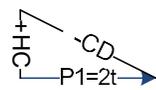
Mencari Reaksi-Reaksi Perletakan



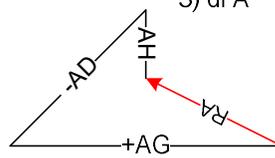
2) di H



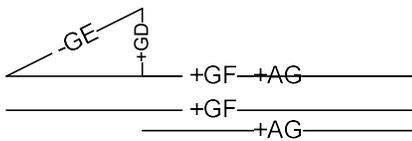
1) di C



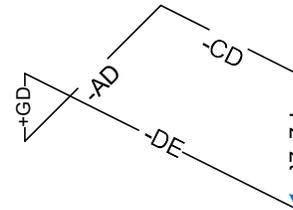
3) di A



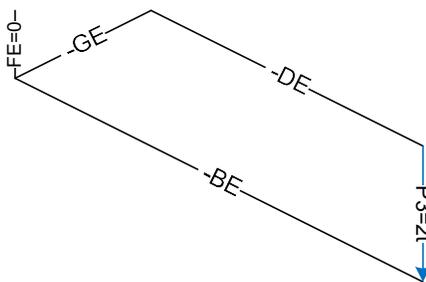
5) di G



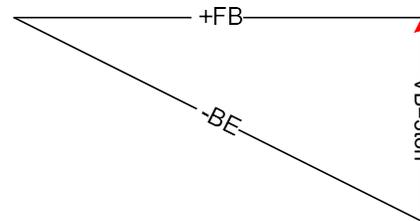
4) di D



6) di E

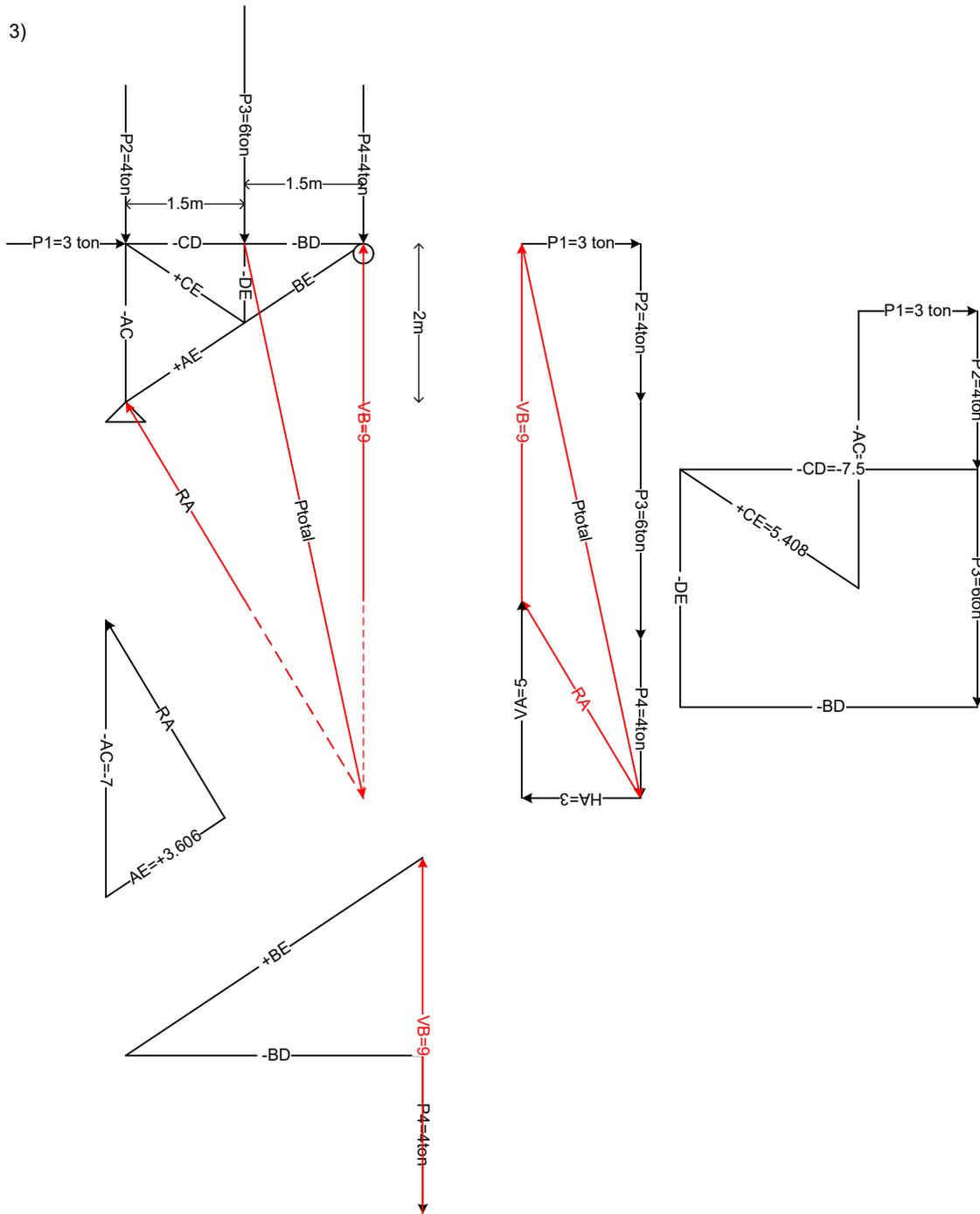


7) di B

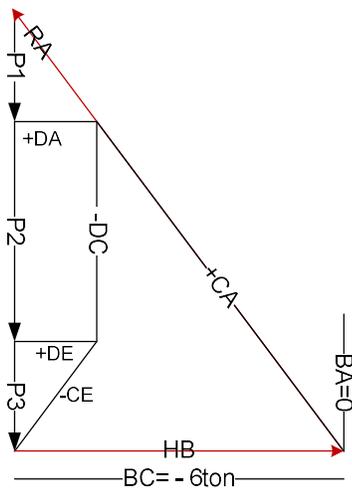
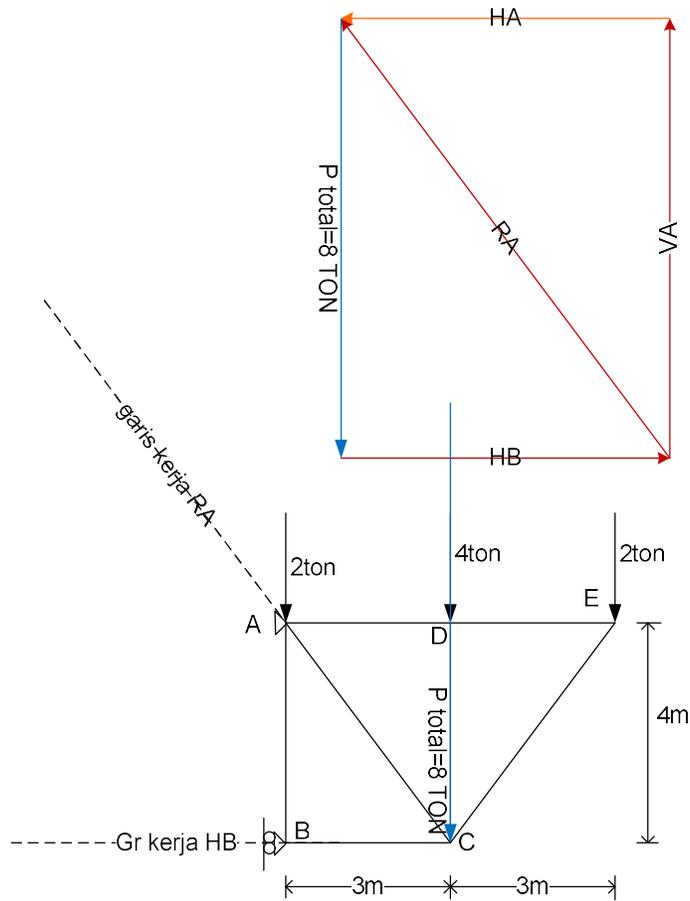


Mencari gaya-gaya batang

3)



5)



Beban :

$P_1 = 2\text{ton}$

$P_2 = 4\text{ton}$

$P_3 = 2\text{ton}$

Reaksi-Reaksi Perletakan :

$RA = 10\text{ ton}$ ($VA=8\text{ ton}$ dan $HA=6\text{ ton}$)

$HB = 6\text{ ton}$

Gaya-gaya Batang :

$AB = 0$

$DC = -4\text{ton}$

$DA = +DE = +1,5\text{ton}$

$BC = -6\text{ton}$

$CE = -2,5\text{ton}$

$CA = +7,5\text{ton}$

Note : Tanda +, pertanda batang tertarik

Tanda -, pertanda batang tertekan