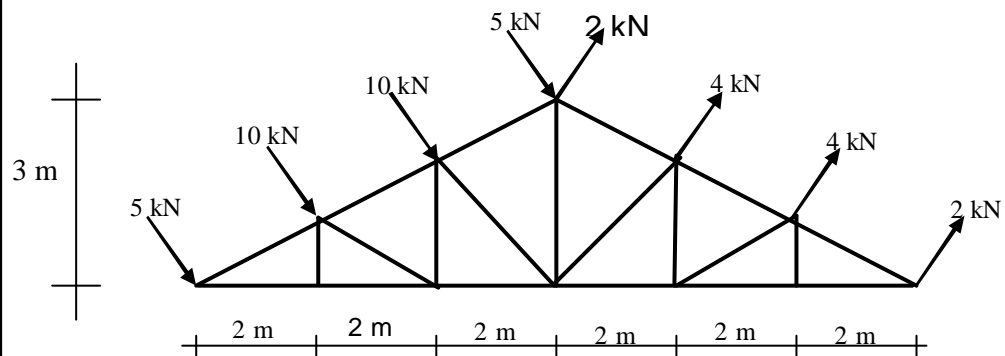




**MENGHITUNG MOMEN  
GAYA DALAM STATIKA  
BANGUNAN**

**BAG-  
TKB.002.A-77  
24 JAM**



**Penyusun :**

**TIM FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
EDISI 2001**

## KATA PENGANTAR

Judul modul ini adalah “Menghitung Momen Gaya dalam Statika Bangunan” merupakan bahan ajar yang digunakan sebagai panduan praktikum peserta diklat Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk membentuk salah satu bagian dari kompetensi Menghitung Statika Bangunan.

Modul ini mengetengahkan jenis-jenis pembebanan dalam Konstruksi Bangunan, gaya yang setara serta cara menyusun gaya secara analitis dan grafis, cara menguraikan gaya secara analitis maupun grafis dan keseimbangan gaya untuk memberi dasar dalam menghitung reaksi pada konstruksi balok dan rangka batang. Satuan yang digunakan adalah Sistem Satuan Internasional (SI). Modul ini terkait dengan modul lain yang membahas Menghitung Reaksi Gaya Pada Konstruksi Statika, Menghitung Momen Statis dan Momen Inersia, Menghitung Tegangan Momen Statis Tertentu dan Menentukan Gaya Luar dan Dalam Konstruksi Statis Tertentu.

Dengan modul ini peserta diklat dapat melaksanakan praktek tanpa harus banyak dibantu oleh instruktur.

Tim Penyusun

## **DISKRIPSI JUDUL**

Modul ini terdiri dari empat kegiatan belajar, yang mencakup :  
1. Pembebanan pada konstruksi bangunan, 2. Menyusun gaya yang setara, 3. Menguraikan gaya yang setara dan 4. Menyusun gaya yang seimbang.

Pada kegiatan belajar 1 membahas tentang pengertian pembebanan dan macam-macam pembebanan pada konstruksi bangunan serta cara menghitung beban yang bekerja pada konstruksi bangunan. Kegiatan belajar 2 membahas tentang menyusun gaya yang berisi tentang pengertian gaya, kesetaraan gaya, keseimbangan gaya, pengertian momen gaya, momen kopel dan momen statis, serta menyusun gaya itu sendiri baik secara analitis maupun grafis. Kegiatan belajar 3 membahas tentang menguraikan gaya yang setara baik dari sebuah gaya menjadi dua buah gaya maupun dari sebuah gaya menjadi tiga buah gaya baik secara analitis maupun grafis. Kegiatan belajar 4 membahas tentang keseimbangan gaya yang berisi tentang keseimbangan gaya konkuren dan keseimbangan gaya yang tidak konkuren.

## **PETA KEDUDUKAN MODUL**

### **MENYUSUN GAYA PADA STATIKA BANGUNAN**

**JUDUL MODUL INI MERUPAKAN BAGIAN PERTAMA DARI  
LIMA MODUL UNIT KOMPETENSI YANG BERJUDUL  
MENGHITUNG STATIKA BANGUNAN**



## PRASYARAT MODUL

Untuk melaksanakan modul Menghitung Gaya dalam Statika Bangunan memerlukan kemampuan awal yang harus dimiliki peserta diklat, yaitu :

- ↳ Peserta diklat telah menguasai Gambar Teknik (seperti : menarik garis sejajar).
- ↳ Peserta diklat telah menguasai Matematika (seperti : Persamaan Aljabar).
- ↳ Peserta diklat telah menguasai Fisika (seperti : pemahaman tentang vektor gaya).

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DISKRIPSI JUDUL .....	iii
PETA KEDUDUKAN MODUL .....	iv
PRASYARAT MODUL .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
PERISTILAHAN .....	vii
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL .....	viii
TUJUAN MODUL .....	ix
KEGIATAN BELAJAR 1	
PEMBEBANAN PADA KONSTRUKSI BANGUNAN .....	1
A. Lembar Informasi .....	1
B. Lembar Latihan .....	6
KEGIATAN BELAJAR 2 .	
MENYUSUN GAYA YANG SETARA .....	7
A. Lembar Informasi .....	7
B. Lembar Latihan .....	19
KEGIATAN BELAJAR 3	
MENGURAIKAN GAYA YANG SETARA .....	21
A. Lembar Informasi .....	21
B. Lembar Latihan .....	29
KEGIATAN BELAJAR 4.	
MENYUSUN GAYA YANG SEIMBANG .....	30
A. Lembar Informasi .....	30
B. Lembar Latihan .....	37
LEMBAR EVALUASI .....	39
KUNCI JAWABAN .....	40
DAFTAR PUSTAKA .....	42

## PERISTILAHAN/GLOSSARY

1. PPIUG : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung.
2. P : adalah simbol gaya.
3. Satuan Gaya : adalah Newton (N) atau kilo Newton (kN)
4. Gaya konkuren : adalah gaya yang bertitik tangkap.
5. Gaya coplanar : adalah gaya yang bekerja pada satu bidang datar.  
(2 dimensi).
6.  $l_1, l_2, l_3$  : adalah garis kerja gaya.

## **PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL**

1. Pelajarilah kegiatan belajar dalam modul ini secara berurutan karena kegiatan belajar disusun berdasarkan urutan yang perlu dilalui.
2. Bila anda sudah mendapat nilai minimum 60 dalam latihan pada akhir kegiatan belajar anda boleh meneruskan pada kegiatan berikutnya.
3. Usahakan kegiatan belajar dan latihan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.
4. Bertanyalah kepada Guru/Pembimbing anda bila mengalami kesulitan dalam memahami materi belajar maupun kegiatan latihan.
5. Anda dapat menggunakan buku lain yang sejenis bila dalam modul ini kurang jelas.
6. Dalam mengerjakan secara grafis anda harus betul-betul menggambar dengan skala yang tepat, baik skala jarak maupun skala gaya.
7. Skala jarak tidak harus sama dengan skala gaya.



## **TUJUAN MODUL**

Setelah mengikuti kegiatan belajar dan latihan dalam modul ini diharapkan peserta diklat SMK memiliki kemampuan tentang gaya dan cara memanipulasi gaya, baik dari sebuah gaya menjadi beberapa buah gaya atau sebaliknya dari beberapa gaya menjadi sebuah gaya. Hal ini sebagai dasar untuk mempelajari konstruksi statis tertentu dan untuk menghitung letak titik berat suatu penampang yang pada akhirnya nanti dapat menghitung kekuatan konstruksi.

# **KEGIATAN BELAJAR 1**

## **PEMBEBANAN PADA KONSTRUKSI BANGUNAN**

### **A. Lembar Informasi**

#### **1. Tujuan Program**

Setelah selesai mempelajari kegiatan belajar 1 ini diharapkan peserta diklat :

- a. Memahami beban yang bekerja pada Konstruksi Bangunan
- b. Dapat menghitung beban pada Konstruksi Bangunan

#### **2. Materi Belajar**

Pembebanan (*loading*) pada Konstruksi Bangunan telah diatur pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) tahun 1983. Oleh karena itu supaya lebih mendalam diharapkan peserta diklat membaca peraturan tersebut, karena dalam uraian berikut hanya diambil sebagian saja.

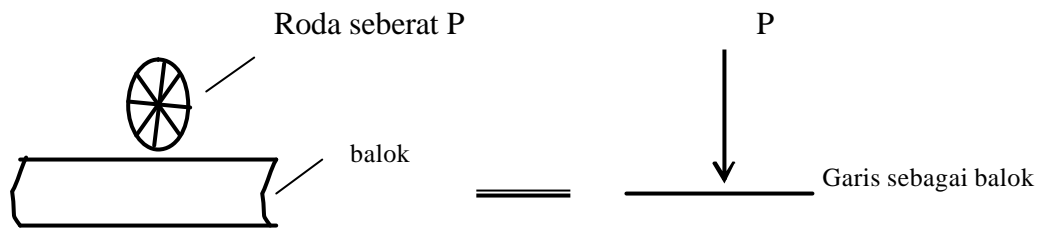
Ada 5 macam pembebanan yaitu :

- a. Beban mati (berat sendiri konstruksi dan bagian lain yang melekat)
- b. Beban hidup (beban dari pemakaian gedung seperti rumah tinggal, kantor, tempat pertunjukkan)
- c. Beban angin (beban yang disebabkan oleh tekanan angin)
- d. Beban gempa (beban karena adanya gempa)
- e. Beban khusus (beban akibat selisih suhu, penurunan, susut dan sebagainya)

Berdasarkan wujudnya beban tersebut dapat diidealisasikan sebagai (1) beban terpusat, (2) beban terbagi merata, (3) beban tak merata (beban bentuk segitiga, trapesium dsb). Beban-beban ini membebani konstruksi (balok, kolom, rangka, batang dsb) yang juga diidealisasikan sebagai garis sejajar dengan sumbunya.

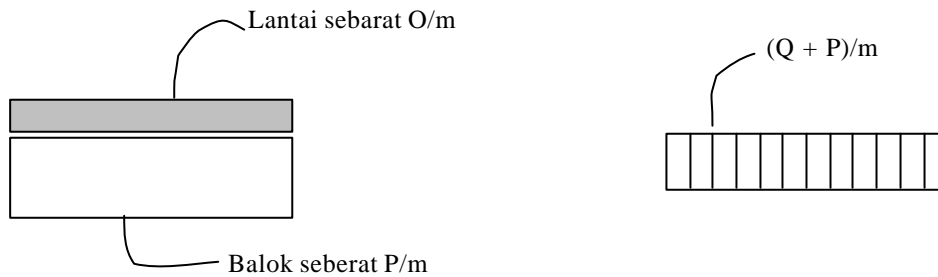
Beban terpusat adalah beban yang titik singgungnya sangat kecil yang dalam batas tertentu luas bidang singgung tersebut dapat

diabaikan. Sebagai contoh beban akibat tekanan roda mobil atau motor, pasangan tembok setengah batu di atas balok, beton ataupun baja dsb. Satuan beban ini dinyatakan dalam Newton atau turunannya kilonewton (kN). Lihat gambar 1.



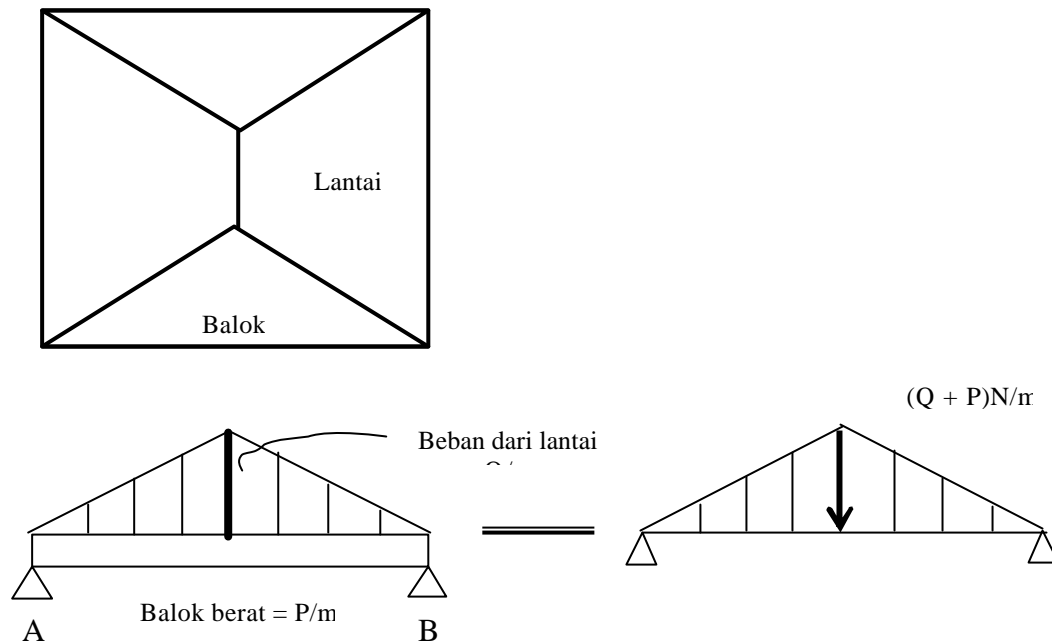
**Gambar 1**

Beban merata adalah beban yang bekerja menyentuh bidang konstruksi yang cukup luas yang tidak dapat diabaikan. Beban ini dinyatakan dalam satuan Newton/meter persegi ataupun newton per meter atau yang sejenisnya lihat gambar 2.



**Gambar 2**

Beban tidak merata dapat berupa beban berbentuk segitiga baik satu sisi maupun dua sisi, berbentuk trapesium dsb. Satuan beban ini dalam newton per meter pada bagian ban yang paling besar lihat gambar 3.



**Gambar 3**

Berikut ini dicuplikkan beberapa beban bahan bangunan menurut PPIUG 1983 halaman 11. Baja beratnya  $7850 \text{ kg/m}^3$ , batu gunung beratnya  $1500 \text{ kg/m}^3$ , batu pecah beratnya  $1450 \text{ kg/m}^3$ , beton beratnya  $2200 \text{ kg/m}^3$ , beton bertulang beratnya  $2400 \text{ kg/m}^3$ , kayu kelas 1 beratnya  $1000 \text{ kg/m}^3$  dan pasangan bata merah  $1700 \text{ kg/m}^3$ .

Contoh perhitungan beban :

Hitunglah beban yang bekerja pada balok beton bertulang ukuran  $30 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$  yang ditengah-tengahnya terdapat tembok pasangan setengah batu lebar  $15 \text{ cm}$  yang dipasang melintang dengan ukuran tinggi  $3 \text{ m}$ , panjang  $4 \text{ m}$ .

Jawaban :

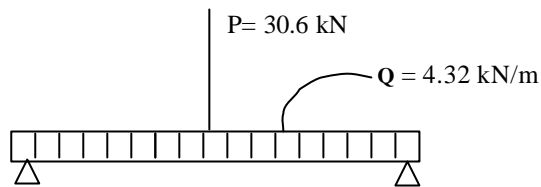
$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok} &= 0.3 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 432 \text{ kg/m (kg/m gaya)} \end{aligned}$$

$$\text{Gravitasi bumi} = 10 \text{ kg/ms}^2 \text{ maka beban menjadi } 4320 \text{ N/m} = 432 \text{ kN/m}$$

Berat tembok sebagai beban terpusat sebesar :

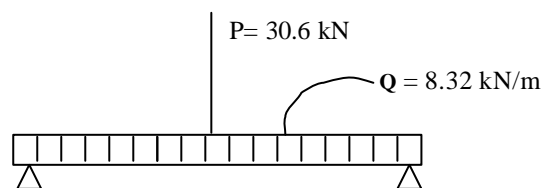
$$\begin{aligned} &= 0.15 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 1700 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3060 \text{ kg (kg gaya)} = 30600 \text{ N} = 30.6 \text{ kN} \end{aligned}$$

Secara visual dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4**

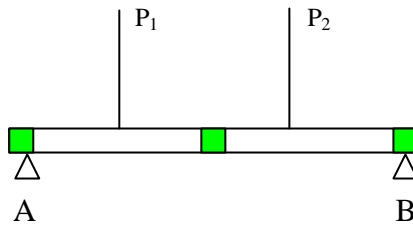
Pada konstruksi bangunan beban yang diperhitungkan bukan hanya beban mati seperti yang telah diuraikan di atas, tetapi dikombinasikan dengan beban hidup yang disebut dengan pembebanan tetap, bahkan ada kombinasi yang lain seperti dengan beban angin menjadi pembebanan sementara. Bila pada contoh di atas, balok digunakan untuk menyangga ruang rumah tinggal keluarga, maka menurut PPIUG halaman 17 besarnya beban hidup sebesar  $200 \text{ kg/m}^2$ . Bila luas lantai yang dipikul balok sebesar  $2 \text{ m}$  tiap panjang balok (dalam contoh di atas beban lantai tidak dihitung) maka beban karena beban hidup adalah  $200 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 400 \text{ kg/m}$  ( $\text{kg gaya/m}$ ) =  $4000 \text{ N/m} = 4 \text{ kN/m}$ . Dengan demikian beban tetap yang bekerja pada balok adalah  $4,32 + 4 = 8,32 \text{ kN/m}$  yang secara visual dapat dilihat pada gambar 5.



**Gambar 5**

Dilihat dari persentuhan gaya dan yang dikenai gaya, beban dapat dibedakan sebagai beban langsung dan beban tidak langsung. Beban langsung adalah beban yang langsung mengenai benda,

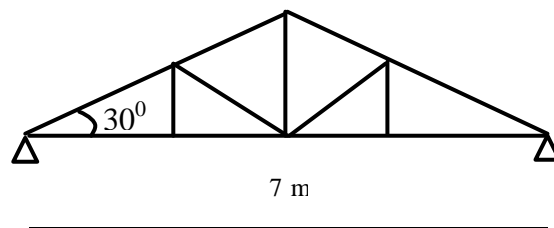
sedang beban tidak langsung adalah beban yang membebani benda dengan perantara benda lain (lihat gambar 6 ).



**Gambar 6**

## B. Lembar Latihan.

1. Hitunglah besarnya beban mati pada balok kayu kelas I ukuran 8 cm x 12 cm panjang 4 m yang dibebani oleh balok melintang ukuran 5 cm x 7 cm panjang 3 m pada setiap jarak 1 m di sepanjang balok memanjang. Kemudian gambarlah secara visual beban tersebut. (Nilai 20)
2. Bila balok kayu tersebut digunakan untuk menahan ruangan rumah tinggal yang sedikit penghuninya (beratnya  $125 \text{ kg/m}^2$ ), berat lantai tidak dihitung. Hitunglah beban tetap pada balok tersebut berikut gambarnya. (Nilai 20)
3. Jelaskan beban dari berat sendiri bangunan yang diterima oleh tanah di bawah pondasi, kolom, balok dan kuda-kuda atap. (Nilai 30)
4. Hitunglah beban eternit termasuk penggantungnya yang membebani kuda-kuda seperti gambar 7. Jarak kuda-kuda 3 m, berat eternit dan penggantungnya menurut PPIUG  $11 \text{ kg/m}^2$  (beban hanya pada titik buhul kuda-kuda). Gambarkan visualisasi gayanya. (Nilai 30)



**Gambar 7**

## **KEGIATAN BELAJAR 2 MENYUSUN GAYA YANG SETARA**

### **A. Lembar Informasi**

#### **1. Tujuan Program**

Setelah selesai kegiatan belajar 2 ini diharapkan peserta diklat memahami :

- a. Pengertian gaya
- b. Kesetaraan gaya
- c. Keseimbangan gaya
- d. Momen gaya, kopel, statis
- e. Menyusun gaya yang setara

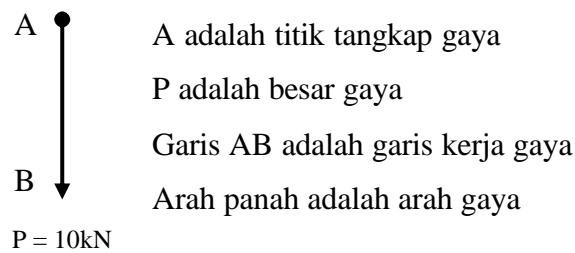
#### **2. Materi Belajar**

##### **a. Pengertian Gaya**

Gaya dapat didefinisikan sebagai sesuatu yang menyebabkan benda (titik materi) bergerak baik dari diam maupun dari gerak lambat menjadi lebih lambat maupun lebih cepat. Dalam teknik bangunan gaya berasal dari bangunan itu sendiri berat benda di atasnya atau yang menempelnya, tekanan angin, gempa, perubahan suhu dan pengaruh pengerjaan.

Gaya dapat digambarkan dalam bentuk garis (atau kumpulan garis) yang memiliki dimensi besar, garis kerja, arah kerja dan titik tangkap. Satuan gaya menurut Sistem Satuan Internasional (SI) adalah Newton dan turunannya (kN). Akan tetapi ada yang memberi satuan kg gaya (kg). Bila gravitasi bumi diambil  $10 \text{ m/detik}^2$  maka hubungan satuan tersebut adalah 1 kg gaya (atau sering ditulis 1 kg) ekuivalen dengan 10 Newton. Pada gambar 8 dijelaskan pengertian gaya tersebut.



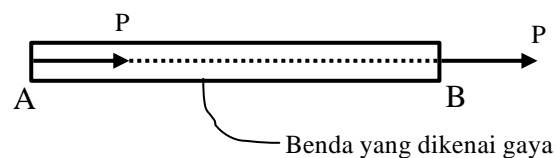


A adalah titik tangkap gaya  
 P adalah besar gaya  
 Garis AB adalah garis kerja gaya  
 Arah panah adalah arah gaya

**Gambar 8**

**b. Kesetaraan gaya**

Kesetaraan gaya adalah “kesamaan pengaruh” antara gaya pengganti (resultan) dengan gaya yang diganti (gaya komponen) tanpa memperhatikan titik tangkap gayanya. Dengan demikian pada suatu keadaan tertentu, walaupun gaya sudah setara atau ekuivalen, ada perbedaan pengaruh antara gaya pengganti dengan yang diganti. Pada prinsipnya gaya dikatakan setara apabila gaya pengganti dan penggantinya baik gerak translasi maupun rotasi besarnya sama. Pada gambar 9 gaya P yang bertitik tangkap di A dipindahkan di B dalam garis kerja yang sama adalah setara (dalam arti efek gerak translasi dan rotasinya) tetapi hal ini dapat berpengaruh terhadap jenis gaya yang dialami benda, pada waktu titik tangkap gaya di A mengalami gaya tekan, sedang pada waktu di B benda mengalami gaya tarik.

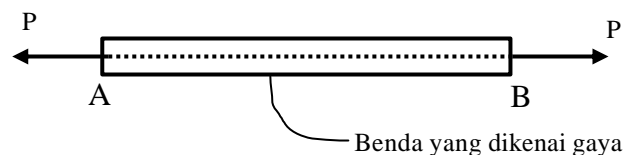


**Gambar 9**

**c. Keseimbangan Gaya**

Keseimbangan gaya adalah hampir sama dengan kesetaraan gaya bedanya pada arah gayanya. Pada kesetaraan gaya antara gaya pengganti dengan gaya yang diganti arah yang dituju sama, sedang pada keseimbangan gaya arah yang dituju

berlawanan, gaya pengganti (reaksi) arahnya menuju titik awal dari gaya yang diganti (aksi). Pada gambar 10 divisualisasikan keseimbangan gaya.



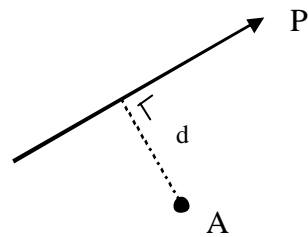
**Gambar 10**

Dengan kata lain keseimbangan gaya yang satu garis kerja dapat dikatakan bahwa gaya aksi dan reaksi besarnya sama tapi arahnya berlawanan.

Pada statika bidang (koplanar) ada dua macam keseimbangan yaitu keseimbangan translasi (keseimbangan gerak lurus) dan keseimbangan rotasi (keseimbangan gerak berputar). Untuk mencapai keseimbangan dalam statika disyaratkan  $\sum G_y = 0$  (jumlah gaya vertikal = 0),  $\sum G_x = 0$  (jumlah gaya horisontal = 0) dan  $\sum M = 0$  (jumlah momen pada sebuah titik = 0)

#### **d. Pengertian Momen**

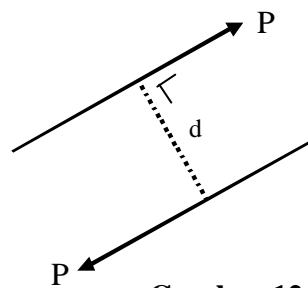
Momen gaya terhadap suatu titik didefinisikan sebagai hasil kali antara gaya dengan jaraknya ke titik tersebut. Jarak yang dimaksud adalah jarak tegak lurus dengan gaya tersebut. Momen dapat diberi tanda positif atau negatif bergantung dari perjanjian yang umum, tetapi dapat juga tidak memakai perjanjian umum, yang penting bila arah momen gaya itu berbeda tandanya harus berbeda. Pada gambar 11 diperlihatkan momen gaya terhadap suatu titik.



$$\text{Momen } M_A = + F \cdot d$$

**Gambar 11**

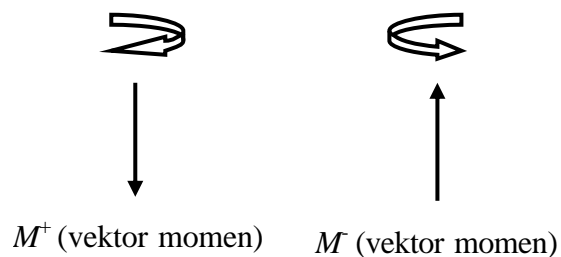
Di samping momen terhadap suatu titik ada juga momen kopel yang didefinisikan sebagai momen akibat adanya dua buah gaya yang sejajar dengan besar sama tetapi arahnya berlawanan. Gambar 12 menunjukkan momen kopel tersebut.



$$\text{Momen kopel} = + F \cdot d_1$$

**Gambar 12**

Momen dapat digambar dalam bentuk vektor momen dengan aturan bahwa arah vektor momen merupakan arah bergeraknya sekrup yang diputar oleh momen. Lihat gambar 13.



**Gambar 13**

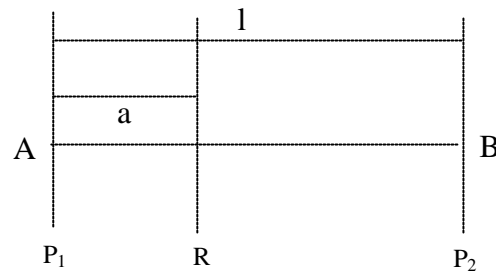
**e. Momen Statis**

Menurut teori Varignon momen pada suatu titik dikatakan statis bila besarnya momen gaya pengganti (resultan) sama dengan gaya yang diganti.

↳ Contoh :

Gaya  $P_1$  dan  $P_2$  dengan jarak/mempunyai resultan  $R$ . Tentukan letak  $R$  agar momen di titik  $A$  statis.

↳ Jawab :



Gambar 14

Misal jarak  $R$  dengan  $P_1$  (titik  $A$ ) =  $a$ , maka untuk memenuhi momen statis di  $A$  adalah : momen resultan = jumlah momen komponen.

$$R \cdot a = P_1 \cdot 0 + P_2 \cdot l$$

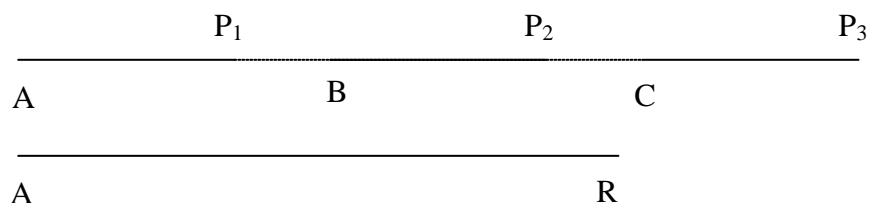
$$a = \frac{P_2 \cdot l}{R}$$

#### f. Menyusun Gaya yang Setara

Istilah lain menyusun gaya adalah memadu gaya atau mencari resultan gaya. Pada prinsipnya gaya-gaya yang dipadu harus setara (ekuivalen) dengan gaya resultannya.

##### 1) Menyusun Gaya yang Kolinier

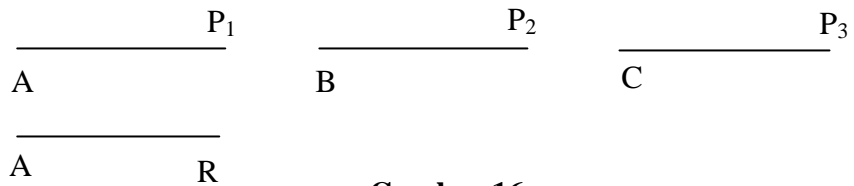
a) Menyusun Gaya yang Kolinier yang Satu Arah



Gambar 15

$$\text{Secara analitis : } R = P_1 + P_2 + P_3$$

b) Menyusun Gaya yang Kolinier dengan Arah Berlawanan

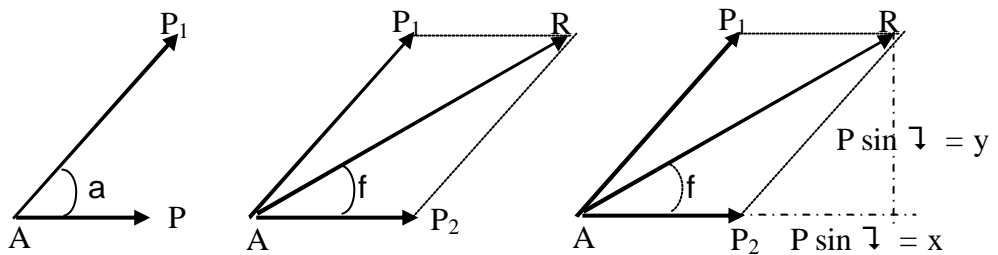


Gambar 16

Secara analitis :  $R = P_1 + P_2 - P_3$

2) Menyusun Dua Gaya yang Konkuren

Secara grafis, gaya **Resultan** dapat ditentukan dengan menggunakan jajaran genjang gaya dan atau segitiga gaya.



Gambar 17

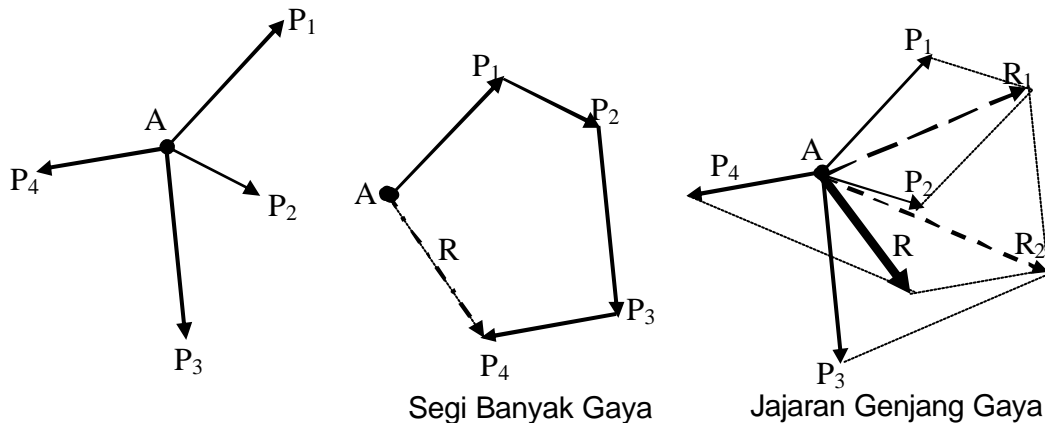
Arah gaya resultan  $\varphi = \text{arc tg } \frac{y}{(P_2 \cos \alpha)}$ .

Secara analitis besarnya gaya **Resultan** adalah :

$$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2 \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot \cos \alpha}$$

3) Menyusun Beberapa Gaya Konkuren

Secara grafis, gaya **Resultan** dapat ditentukan dengan jajaran genjang gaya dan atau dengan segi banyak.



Cara Analitis

Gambar 18

Gaya-gaya yang akan dicari resultannya diuraikan dalam arah sumbu X dan sumbu Y. Titik tangkap gaya-gaya harus dilalui oleh kedua sumbu tersebut. Sumbu X dapat horisontal ataupun miring. Dipilih mana yang memudahkan perhitungan. Yang penting kedua sumbu itu saling tegak lurus. Perhatikan gambar di bawah ini (gambar 19). Dalam gambar 19 dipilih sumbu X horisontal dan sumbu Y vertikal.  $P_1$  diuraikan menjadi  $X_1 = P_1 \cos a_1$  dan  $Y_1 = P_1 \sin a_1$ ;  $P_2$  diuraikan menjadi  $X_2 = P_2 \cos a_2$  dan  $Y_2 = P_2 \sin a_2$  dan seterusnya sehingga  $P_n$  diuraikan menjadi  $X_n = P_n \cos a_n$  dan  $Y_n = P_n \sin a_n$ .

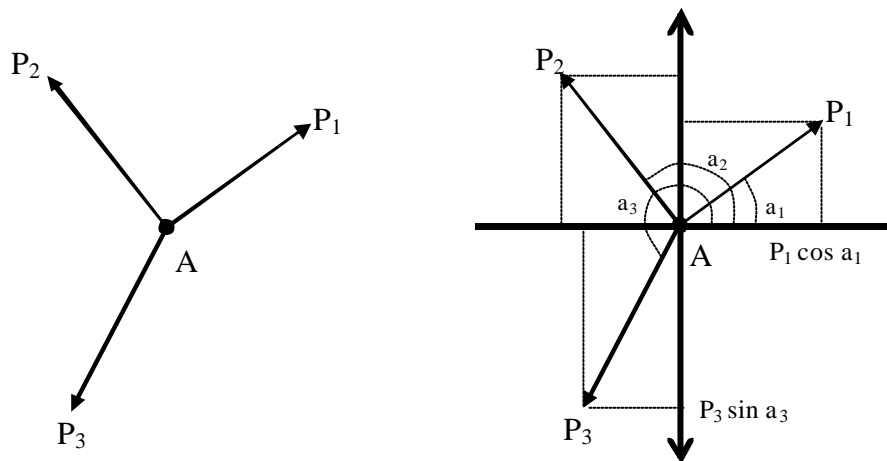
Jadi diperoleh :

$$X_r = P_1 \cos a_1 + P_2 \cos a_2 + \dots + P_n \cos a_n$$

atau secara umum ditulis :

$$X_r = \sum P_n \cos a_n$$

Dengan cara yang sama diperoleh :  $Y_r = \sum P_n \sin a_n$



**Gambar 19**

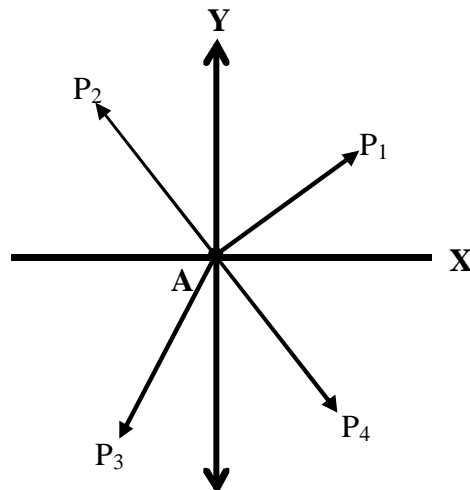
Besarnya resultan :  $R = \sqrt{X_r^2 + Y_r^2}$

Arah resultan :  $\text{tg } f = \frac{Y_r}{X_r}$  atau  $f = \text{arc tg } \frac{Y_r}{X_r}$

Contoh :

Diketahui gaya-gaya konkuren seperti gambar 20 dibawah ini.  $P_1 = 15 \text{ kN}$ ,  $P_2 = 20 \text{ kN}$ ,  $P_3 = 25 \text{ kN}$  dan  $P_4 = 30 \text{ kN}$ . Gaya-gaya tersebut masing-masing membentuk sudut  $a_1 = 30^\circ$ ,  $a_2 = 135^\circ$ ,  $a_3 = 240^\circ$  dan  $a_4 = 315^\circ$ .

Ditanyakan besar dan arah resultan.



Gambar 20

Penyelesaian :

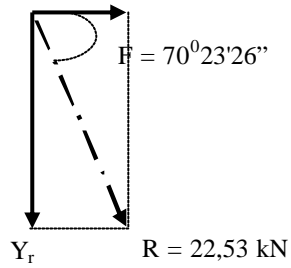
↓ **Cara analitis :**

Misalnya sumbu X dan Y dibuat horisontal dan vertikal. Untuk memudahkan hitungan dibuat tabel sebagai berikut :

No.	$P_n \text{ (kN)}$	$\angle_n$	$X_n = P_n \cos \angle_n$	$Y_n = P_n \sin \angle_n$
1	15	30	12,99	7,5
2	20	135	-14,14	14,14
3	25	240	-12,50	-21,65
4	30	315	21,21	-21,21
Jumlah			7,56	-21,22

$$\begin{aligned} \text{Besarnya resultan : } R &= \sqrt{(7,56)^2 + (-21,22)^2} \\ &= 22,53 \text{ kN} \end{aligned}$$

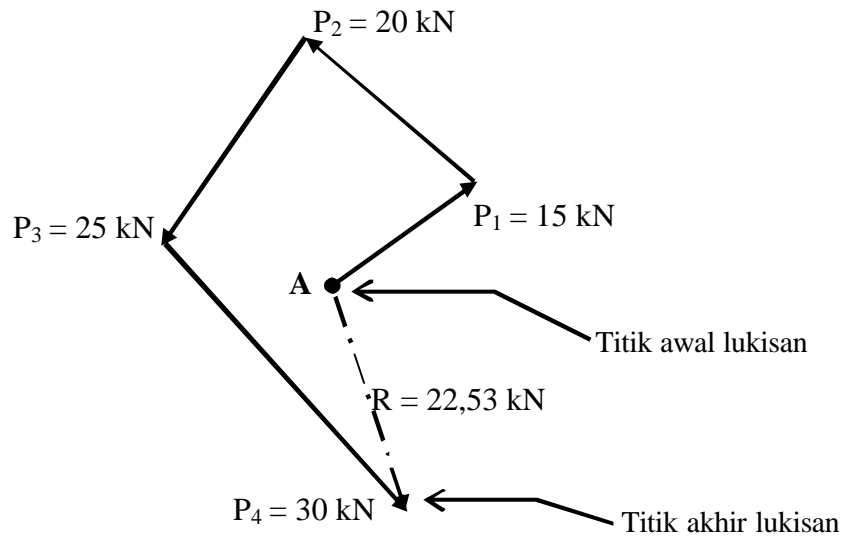
$$\begin{aligned} \text{Arah resultan : } \angle &= \text{arc tg } \frac{-21,22}{7,56} = -70^\circ 23' 26'' \\ &\text{atau } \angle = 298^\circ 36' 34'' \end{aligned}$$



↳ Secara grafis :

Dengan menggunakan segi banyak gaya.

Skala gaya : 1 cm = 5 kN

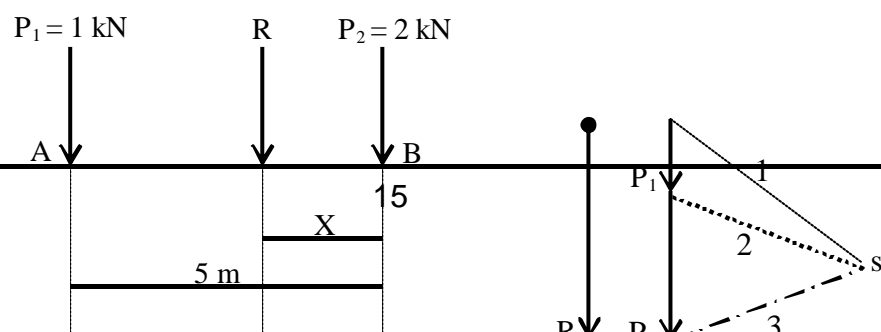


**Gambar 21**

#### 4) Memadu Gaya yang tidak Konkuren

a) Memadu dua buah gaya yang sejajar.

Dalam memadu gaya yang tidak konkuren, ada tiga hal yang akan dicari yaitu : besar, arah, letak resultannya.





Secara grafis dapat dilakukan dengan menggunakan lukisan kutub. Langkah melukis sebagai berikut :

1. Tentukan skala gaya dan skala jarak.
2. Gambarlah gaya  $P_1$  dan  $P_2$  dan tentukan letak titik kutubnya.
3. Titik kutub letaknya sembarang, yang penting garis yang terbentuk dapat dipindahkan dalam poligon gaya.
4. Lukis garis I pada kutub dan lukis garis II sejajar dengan garis 1.
5. Lukis garis III dan lukis garis IV sejajar garis 2.
6. Lukis garis V dan lukis garis VI sejajar garis 3.
7. Titik potong garis IV dan garis VI merupakan letak resultan yang dicari, sedang besarnya resultan dan arahnya dapat diukur dan dilihat pada lukisan kutub.

**Cara analitis :**

Untuk menghitung besarnya resultan adalah  $R = P_1 + P_2$ . Arah resultan sesuai dengan arah  $P_1$  dan  $P_2$ . Sedang letak resultan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan momen komponen (gaya yang dipadu) dengan momen resultan (gaya paduannya). Dimisalkan letak resultan sejauh  $x$  dari titik B

Statis momen terhadap titik B.

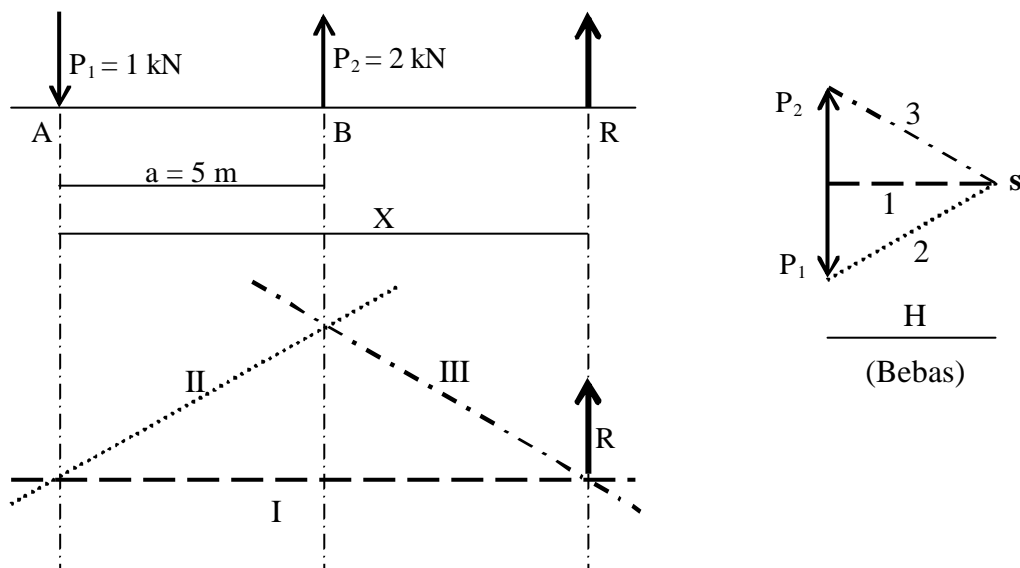
$$P_1 \cdot a = R \cdot x \text{ -----? } R = 1 + 2 = 3$$

$$x = \frac{P_1 \cdot a}{R} = \frac{1.5}{3} = 1,67 \sim 1,7 \text{ m}$$

Jadi letak resultan 1,7 m dari titik B

b) Menyusun Dua Buah Gaya yang Arahnya Berlawanan.

Misalkan gaya seperti pada gambar 23 di bawah ini.  $P_1$  arahnya ke bawah dan besarnya 1 kN sedang  $P_2 = 2$  kN arahnya ke atas. Secara grafis dapat dicari besar, arah dan letak resultan sebagai berikut :



Gambar 23

Cara melukis sama seperti pada contoh 1) tetapi harus dipahami benar konsep lukisannya. Di sini gaya  $P_2$  ke atas. Oleh karena itu walaupun ujung  $P_2$  di atas, lukisannya paling akhir. Dan tampak letak R tidak di antara  $P_1$  dan  $P_2$ , tetapi terletak di luar  $P_1$  dan  $P_2$ .

Secara analitis juga dapat dihitung seperti pada di atas. Dalam hal ini hitungan menjadi :

Misal jarak resultan dengan titik A = x, maka :

$$R \cdot x = P_2 \cdot a \text{ -----?} \quad R = P_2 - P_1 = 2 - 1 = 1 \text{ ton}$$

Arahnya ke atas

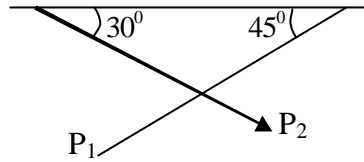
$$x = \frac{P_2 \cdot a}{R} = \frac{2 \cdot 5}{1} = 10$$

Jadi letak resultan 10 m dari titik A

Untuk gaya yang lebih dari dua, cara menghitung dan melukisnya sama seperti pada dua gaya. Perhitungan secara grafis menggunakan lukisan kutub dan secara analitis menggunakan dalil momen statis terhadap suatu titik **“momen resultan sama dengan jumlah momen komponen”**.

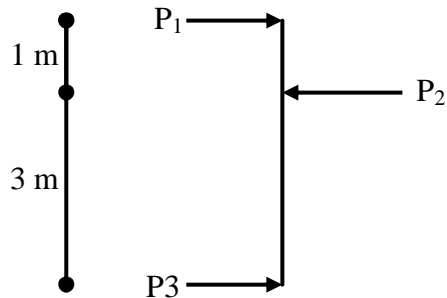
## B. Lembar latihan

1. Diketahui gaya  $P = 4 \text{ kN}$ , diminta besar dan arah gaya pengganti  $P_1$  dan  $P_2$  secara grafis dan analitis (lihat gambar 24 ). (Nilai 10)



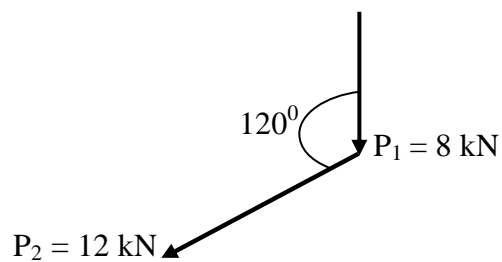
**Gambar 24**

2. Tentukan besar dan letaknya resultan dari gaya  $P_1 = 2 \text{ kN}$ ,  $P_2 = 3 \text{ kN}$  dan  $P_3 = 5 \text{ kN}$  (lihat gambar 25). (Nilai 10)



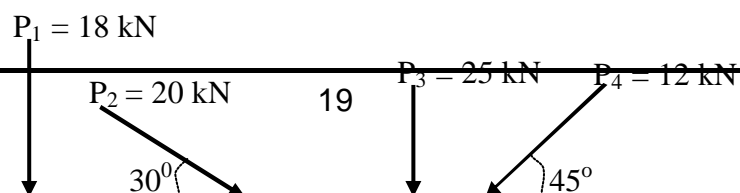
**Gambar 25**

3. Hitunglah besar dan arah gaya  $P_1$  dan  $P_2$  secara grafis dan analitis dari susunan gaya seperti gambar 26. (Nilai 10)

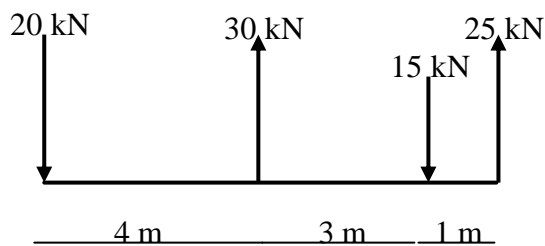


**Gambar 26**

4. Hitunglah besar, arah dan letak resultan gaya  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  dan  $P_4$  secara grafis dan analitis dari susunan gaya seperti gambar 27. (Nilai 25)

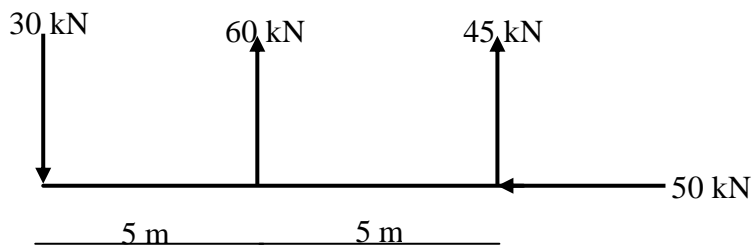


5. Hitung secara grafis dan analitis resultan dari gaya-gaya gambar 28 di bawah ini. (Nilai 15)



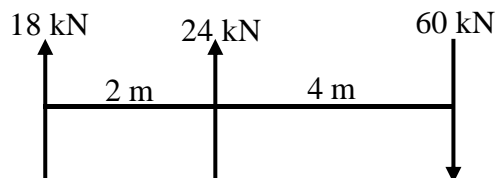
**Gambar 28**

6. Tentukan besar dan arah resultan gaya-gaya berikut ini secara grafis dan analitis. (Nilai 15)



**Gambar 29**

7. Hitunglah besar dan arah resultan gaya-gaya seperti gambar 30 di bawah ini, secara grafis dan analitis. (Nilai 15)



**Gambar 30**

## KEGIATAN BELAJAR 3 MENGURAIKAN GAYA YANG SETARA

### A. Lembar Informasi

#### 1. Tujuan Program

Setelah selesai mempelajari kegiatan belajar 3 ini diharapkan peserta diklat dapat :

1. Menguraikan gaya yang setara dari sebuah gaya menjadi dua buah gaya.
2. Menguraikan gaya yang setara dari sebuah gaya menjadi tiga buah gaya.
3. Memahami garis sumbu kutub.
4. Dapat menggunakan garis sumbu kutub.

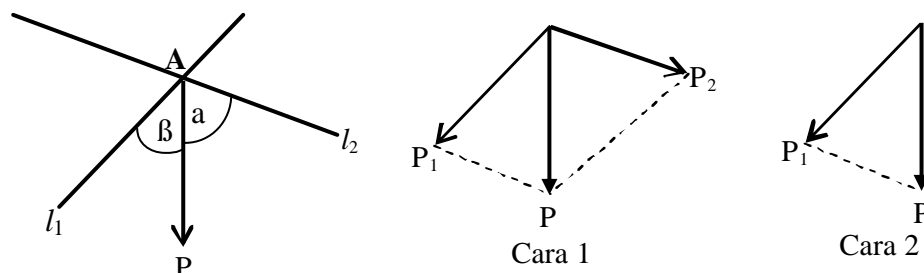
#### 2. Materi Belajar

##### a. Menguraikan Sebuah Gaya menjadi Dua Buah Gaya

Istilah lain yang digunakan untuk mengganti istilah menguraikan gaya adalah membagi gaya. Berbeda dengan resultan gaya, (yang mencari besar, arah, letak titik tangkap dan garis kerja gaya resultan dari beberapa gaya komponen), membagi gaya adalah mencari besar dan arah gaya yang sudah diketahui garis kerjanya.

##### 1) Menguraikan Sebuah Gaya menjadi Dua Buah Gaya yang Konkuren

Secara grafis dapat dilakukan dengan jajaran genjang gaya dan atau segitiga gaya. (gambar 31)

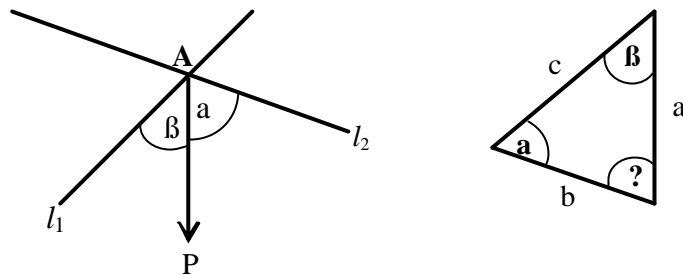


**Gambar 31**

Secara analitis dapat digunakan rumus sinus sebagai berikut :

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

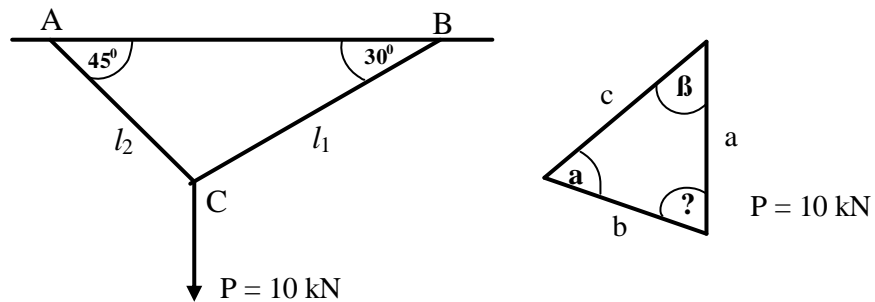
Bila salah satu sisinya (gaya yang akan dibagi) diketahui besarnya dan besarnya sudut dalam diketahui, maka panjang (besarnya) sisi yang lain dapat diketahui.



**Gambar 32**

Contoh :

Diketahui gaya  $P = 10 \text{ kN}$  akan dibagi menjadi dua gaya yang bergaris kerja  $l_1$  dan  $l_2$  seperti gambar 33. Diminta besar dan arah gaya komponen ( $P_1$  dan  $P_2$ ).



**Gambar 33**

Perhitungan cara grafis dapat dilihat pada gambar 33. Besarnya gaya komponen  $P_1$  dan  $P_2$  dapat dihitung dengan mengalikan panjang garis masing - masing terhadap skala gaya  $4 \text{ ton} = 1 \text{ cm}$ . Diperoleh  $P_1 = 1,9 \cdot 4 = 7,2 \text{ kN}$ ,  $P_2 = 2,3 \cdot 4 = 9,2 \text{ kN}$

Cara anaitis :

$$\frac{P_1}{\sin 45^\circ} = \frac{P_2}{\sin 60^\circ} = \frac{P}{\sin 75^\circ} \quad \downarrow \quad \beta = 45^\circ; \gamma = 60^\circ$$

$$a = 180^\circ - 45^\circ - 60^\circ$$

$$a = 75^\circ$$

Menghitung  $P_1$

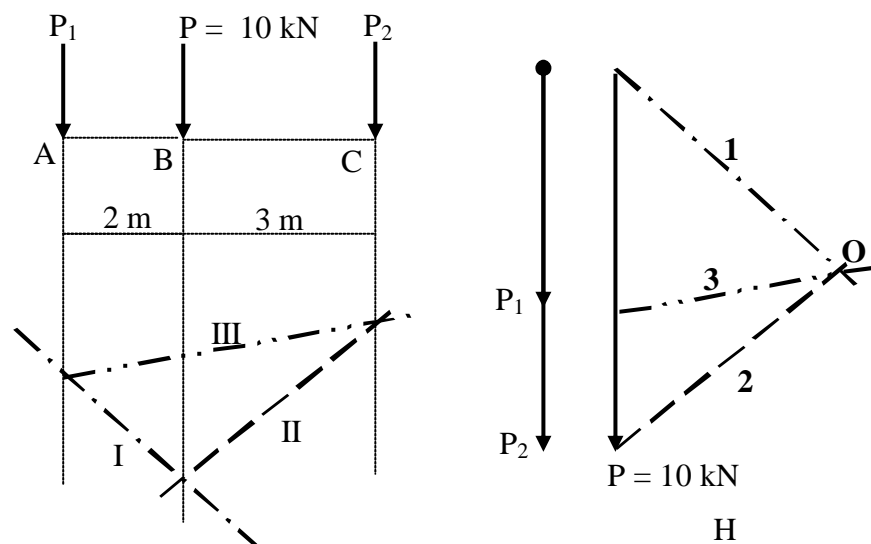
$$\frac{P_1}{\sin 45^\circ} = \frac{P}{\sin 75^\circ} \quad \downarrow \quad P_1 = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 75^\circ} \cdot 10 = 7,32 \text{ kN}$$

Menghitung  $P_2$

$$\frac{P_2}{\sin 60^\circ} = \frac{P}{\sin 75^\circ} \quad \downarrow \quad P_2 = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 75^\circ} \cdot 10 = 8,97 \text{ kN}$$

## 2) Membagi Sebuah Gaya menjadi Dua Buah Gaya yang tidak Konkuren

Lihat gambar 34. Gaya  $P = 10 \text{ kN}$  akan dibagi menjadi  $P_1$  dan  $P_2$  yang garis kerjanya masing-masing melalui A dan C.



Gambar 34



**Cara Grafis :**

- 1) Gambarlah garis kerja gaya  $P$ ,  $P_1$  dan  $P_2$  dengan skala jarak antar garis kerja yang tertentu, misalnya dibuat skala 1 cm = 1 m.
- 2) Gambar gaya  $P = 10$  kN dengan skala tertentu pula, misal 1 cm = 4 kN. Dan tentukan titik kutub  $O$  (sembarang). Usahakan jarak kutub ini sedemikian rupa sehingga lukisan poligon batang nantinya tidak terlalu tumpul dan tidak terlalu runcing.
- 3) Tarik garis 1 melalui pangkal gaya  $P = 10$  kN dan melalui titik  $O$ .
- 4) Lukis garis I sejajar garis 1, yang memotong garis kerja gaya  $P_1$  dan gaya  $P$ .
- 5) Lukis garis 2 melalui ujung  $P = 10$  kN dan melalui titik  $O$ .
- 6) Lukis garis II sejajar garis 2, yang melalui perpotongan garis I dan garis kerja  $P$  dan melalui garis kerja  $P_2$ .
- 7) Lukis garis III yang melalui titik potong antara garis kerja  $P_1$  dan garis I, dan melalui titik potong antara garis kerja  $P_2$  dan garis 2
- 8) Lukis garis 3 sejajar garis III yang melalui titik kutub dan memotong gaya  $P = 10$  kN.

Setelah selesai langkah lukisan di atas, selanjutnya adalah mengukur panjang garis yang menyatakan besarnya  $P_1$  dan  $P_2$ . Besarnya gaya  $P_1$  diukur dari pangkal gaya  $P = 10$  kN sampai perpotongan garis 3 dengan gaya  $P$  sampai ujung gaya  $P$ . Hasil pengukuran tersebut kemudian dikalikan dengan skala gaya yang dipakai. Dalam persoalan ini diperoleh gaya  $P_1 = 1,5 \cdot 4 = 6$  kN dan gaya  $P_2 = 1 \cdot 4 = 4$  kN.

**Cara analitis :**

Dengan menggunakan statis momen, yaitu "Momen Resultan = Jumlah Momen Komponen".

**Statis Momen terhadap titik A** (lihat gambar 34)

$$P \cdot a_1 = P_2 \cdot L \quad \downarrow \quad P_2 = \frac{P \cdot a_1}{L} = \frac{10 \cdot 3}{8} = 3,75 \text{ kN}$$

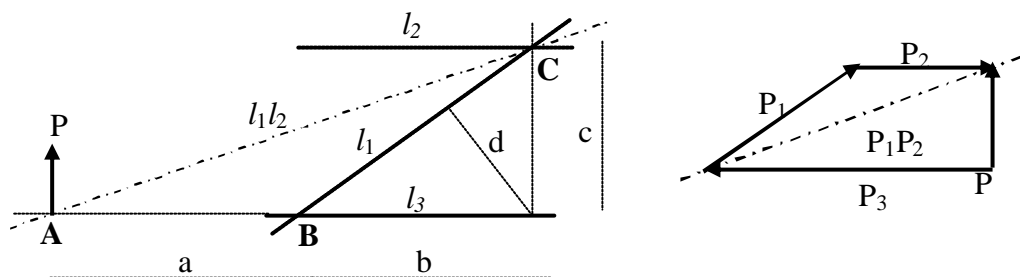
### Statis momen terhadap titik C

$$P \cdot a_2 = P_1 \cdot L \quad \downarrow \quad P_1 = \frac{P \cdot a_2}{L} = \frac{10 \cdot 5}{8} = 6,25 \text{ kN}$$

### b. Menguraikan Sebuah Gaya menjadi Tiga Buah Gaya

#### 1) Menguraikan Sebuah Gaya menjadi Tiga Buah Gaya yang tidak Konkuren

Misalnya gaya P akan diganti menjadi gaya  $P_1$ ,  $P_2$  dan  $P_3$  yang telah ditentukan garis kerjanya (gambar 35).



Gambar 35

Usaha pertama adalah membuat gaya-gaya tersebut menjadi konkuren. Dalam membuat konkuren tidak dapat dilakukan sekali, tetapi harus dilakukan dua kali. Dalam hal ini, carilah lebih dulu titik pertemuan antara garis kerja gaya yang diganti dengan salah satu garis kerja gaya pengganti, misalnya titik pertemuannya di A. Kemudian agar diperoleh titik tangkap yang konkuren, maka dua garis kerja pengganti yang lain disatukan menjadi sebuah garis kerja (garis kerja persekutuan), misal titik pertemuan antara antara dua gaya pengganti tersebut di C. Garis yang menghubungkan titik A dengan titik C merupakan garis kerja persekutuan yang dimaksud di atas dan membuat gaya diganti dengan ketiga gaya penggantinya yang konkuren. Dari tiga garis kerja yang konkuren inilah dapat dilukis penggantian sebuah gaya menjadi dua buah gaya, yaitu sebuah

gaya pengganti  $P_3$  dan sebuah gaya persekutuan (paduan  $P_1$  dan  $P_2$ ). Selanjutnya gaya persekutuan ini diganti menjadi gaya  $P_1$  dan  $P_2$  (gambar 35). Jadi tiga gaya pengganti telah diketahui semuanya, besarnya tinggal mengukur panjang garisnya dikalikan dengan skala gaya yang dipakai. Mengganti/membagi sebuah gaya menjadi tiga buah gaya yang tidak konkuren ini merupakan dasar **metode Cullmann** dalam menghitung besarnya gaya batang pada konstruksi rangka.

**Cara analitis,**

Karena gaya-gayanya tidak konkuren, maka untuk menghitung gaya yang belum diketahui dipakai “Statis Momen“. Pemilihan titik yang dipakai sebagai pusat momen harus diperhatikan sedemikian sehingga dalam sebuah persamaan hanya mengandung sebuah bilangan yang belum diketahui. Untuk persoalan di atas (gambar 35) dipilih dahulu titik C sebagai pusat momen, sehingga dapat dihitung gaya  $P_3$  (bila dipilih titik A sebagai pusat momen, maka ada dua bilangan yang belum diketahui yaitu  $P_1$  dan  $P_2$ ).

**Statis momen terhadap titik C :**

$$P \cdot (a + b) = - P_3 \cdot c \quad \downarrow P_3 \text{ dimisalkan arah ke kanan}$$

$$P_3 = - \frac{P \cdot (a + b)}{c} \quad \downarrow \text{jadi } P_3 \text{ sebenarnya ke kiri}$$

**Statis momen terhadap titik B :**

$$P \cdot a = P_2 \cdot c \quad \downarrow P_2 \text{ dimisalkan arahnya ke kanan}$$

$$P_2 = \frac{P \cdot a}{c} \quad \downarrow \text{berarti arah } P_2 \text{ yang benar ke kanan}$$

**Statis momen terhadap titik D :**

$$P \cdot (a + b) = P_2 \cdot c + P_1 \cdot d \quad \downarrow \text{dimisalkan arahnya ke atas}$$

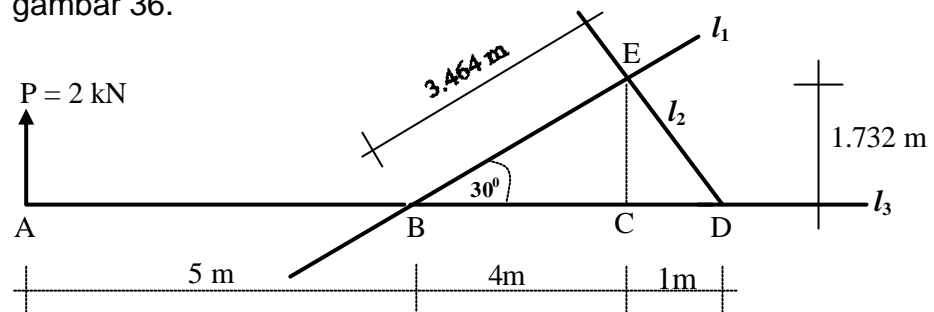
$$P_1 = \frac{P \cdot (a + b) - P_2 \cdot c}{d}$$

$$P_1 = \frac{P \cdot a - P \cdot b - P \cdot a}{d} = \frac{P \cdot b}{d} \quad \downarrow \text{jadi arah } P_1 \text{ ke atas}$$

Hitungan cara analitis ini merupakan dasar dari **metode Ritter** untuk mencari besarnya gaya batang pada konstruksi rangka batang. Untuk lebih memahami sebuah gaya menjadi tiga buah gaya yang tidak konkuren, baik secara grafis maupun secara analitis, berikut diberikan contohnya.

Contoh :

Hitunglah gaya pengganti  $P_1$ ,  $P_2$  dan  $P_3$ , dari sebuah gaya  $P = 2$  kN, yang masing-masing garis kerjanya  $l_1$ ,  $l_2$  dan  $l_3$  seperti gambar 36.

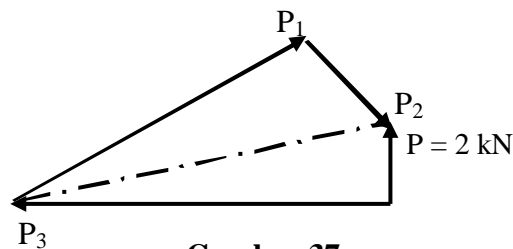
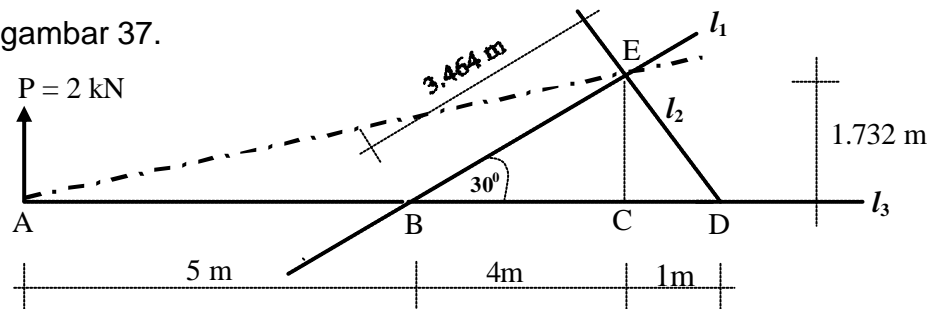


Gambar 36

Penyelesaian :

**Cara grafis :**

Skala gaya yang dipakai  $1 \text{ cm} = 2 \text{ kN}$ ; skala jarak  $1 \text{ cm} = 2 \text{ m}$ . Lukisan untuk menghitung gaya pengganti adalah seperti pada gambar 37.



**Cara analitis,** lihat gambar 36

Gambar 37

**Statis momen terhadap titik E**

$$P \cdot 8 = - P_3 \cdot 1,732$$

↴  $P_3$  dimisalkan ke kanan

$$P_3 = - \frac{P \cdot 8}{1,732} = - \frac{2 \cdot 8}{1,732} = - 9,24 \text{ kN}$$

↴ jadi  $P_3$  ke kiri

**Statis momen terhadap titik D**

$$P \cdot 9 = P_1 \cdot 2$$

↴  $P_1$  dimisalkan ke atas

$$P_1 = \frac{P \cdot 9}{2} = \frac{2 \cdot 9}{2} = 9 \text{ kN}$$

↴ ke atas

**Statis momen terhadap titik B**

$$P \cdot 5 = - P_2 \cdot 3,464$$

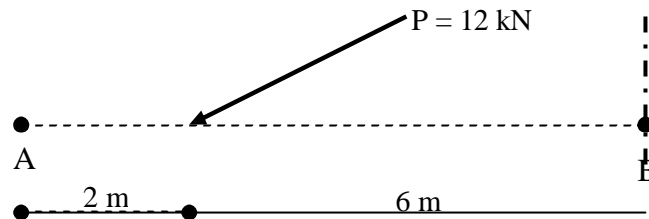
↴  $P_2$  dimisalkan ke atas

$$P_2 = - \frac{2 \cdot 5}{3,464} = - 2,89 \text{ kN}$$

↴ ke bawah

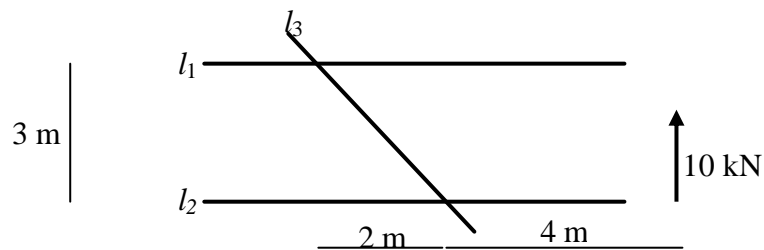
**B. Lembar Latihan**

1. Tentukan besar dan arah gaya pengganti dari sebuah gaya 12 kN yang bergaris kerja melalui A dan B. Garis kerja yang melalui B sudah ditentukan, sedang garis kerja yang melalui A tentukan sendiri. Nilai perhitungan analitis 15 dan nilai hitungan secara grafis 15.



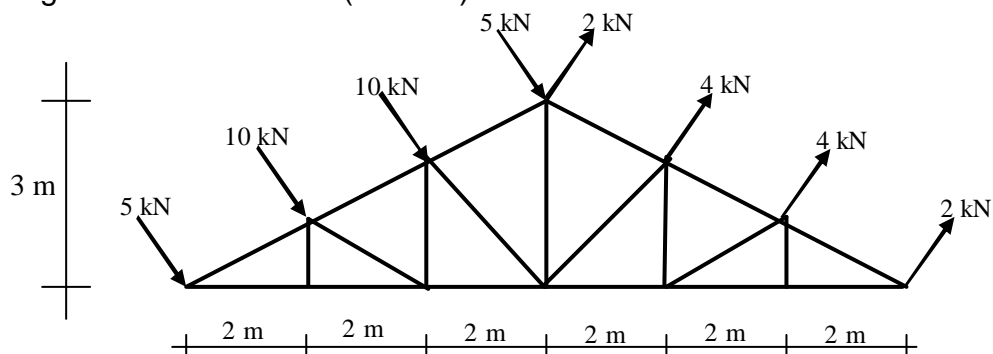
**Gambar 38**

2. Sebuah gaya  $P = 10$  kN akan diganti menjadi gaya  $P_1$ ,  $P_2$  dan  $P_3$  yang garis kerjanya masing-masing  $l_1$ ,  $l_2$  dan  $l_3$ . Tentukan besar dan arah gaya pengganti tersebut. Nilai perhitungan analitis 20 dan nilai hitungan secara grafis 20.



**Gambar 39**

3. Hitunglah besar resultan dari gaya-gaya yang bekerja pada kuda-kuda di bawah ini secara grafis. Gaya akibat angin dari kiri berturut-turut 5 kN, 10 kN, 10 kN, 5 kN, 4 kN, 4 kN dan 2 kN dengan arah seperti gambar di bawah ini. (Nilai 30)



**Gambar 40**

## KEGIATAN BELAJAR 4 MENYUSUN GAYA YANG SEIMBANG

### A. Lembar Informasi

#### 1. Tujuan Kegiatan Belajar 4

Setelah selesai mengikuti kegiatan belajar 4 ini diharapkan peserta diklat dapat menyusun gaya yang seimbang baik secara grafis maupun analitis pada :

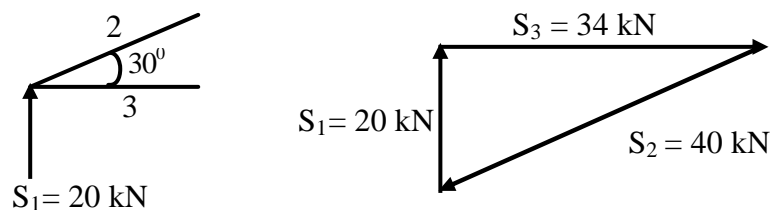
- a. Gaya yang konkuren
- b. Gaya yang sejajar
- c. Gaya yang tidak konkuren

#### 2. Materi Belajar

##### a. Menyusun Gaya Konkuren yang Seimbang

Menyusun gaya yang seimbang adalah hampir sama dengan menyusun gaya yang setara, bedanya pada arah gayanya. Seperti yang telah dijelaskan di depan, pada keseimbangan gaya jumlahnya gaya aksi dapat lebih dari satu sampai beberapa buah dan reaksinya dapat satu, dua atau tiga. Bila lebih dari 3 reaksi tidak cukup diselesaikan dengan persamaan keseimbangan  $\sum M = 0$ ,  $\sum S_y = 0$ ,  $\sum S_x = 0$ . Dalam uraian ini akan diberikan contoh untuk menyusun gaya yang seimbang (mencari reaksi).

Pada sebuah titik buhul suatu kuda-kuda yang terdapat dua batang dan sebuah gaya sebesar  $S_1 = 20$  kN yang arahnya menuju titik buhul. Tentukan gaya pada ke dua batang yang belum diketahui agar titik buhul itu seimbang, lihat gambar di bawah ini.



**Gambar 41**

Secara grafis dapat dilakukan dengan lukisan tertutup. Gambarlah gaya  $S_1$  yang besarnya 20 kN dengan skala tertentu, misal 1 cm = 10 kN. Tarik garis sejajar dengan batang 3 pada ujung gaya  $S_1$ , tarik juga garis sejajar batang 2 yang melalui pangkal gaya  $S_1$  sehingga ke dua garis ini berpotongan. Sekarang urutkan arah gaya yang di mulai dari gaya  $S_1$  ke atas kemudian gaya 3 (mendatar), gaya 2 (miring). Dengan demikian arah gaya dapat diketahui yaitu gaya pada batang 3 meninggalkan titik buhul (ke kanan), gaya pada batang 3 menuju titik buhul (miring ke bawah). Besarnya gaya batang dapat diketahui dengan mengukur panjang masing-masing garis yang dikalikan dengan skala gayanya. Dalam soal ini besar gaya batang  $S_3$  adalah 34 kN, dan besar gaya batang  $S_2$  adalah 40 kN

Secara analitis dapat dihitung dengan persamaan keseimbangan (dalam hal ini keseimbangan translasi). Dimisalkan arah gaya  $S_2$  meninggalkan titik buhul. Apabila nanti hasilnya negatif maka arah gaya yang seharusnya adalah kebalikannya yang dalam hal ini menjadi menuju titik buhul.

$$? G_y = 0 \quad \downarrow \quad 20 + S_2 \sin 30^\circ = 0$$

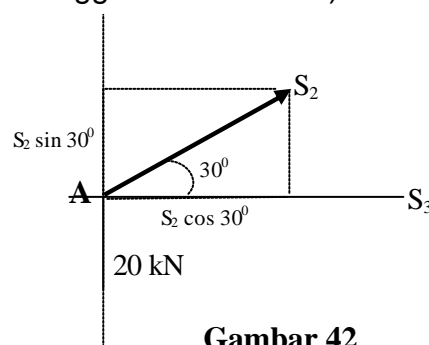
$$S_2 = - 20/\sin 30^\circ$$

$$S_2 = - 40 \text{ kN (berarti arahnya menuju titik buhul)}$$

$$S G_x = 0 \quad \downarrow \quad S_3 + S_2 \cos 30^\circ = 0$$

$$S_3 = -S_2 \cos 30^\circ = - (- 40) \cos 30^\circ$$

$$S_3 = + 34 \text{ kN (arahnya sesuai dengan perkiraan yaitu meninggalkan titik buhul)}$$



**Gambar 42**

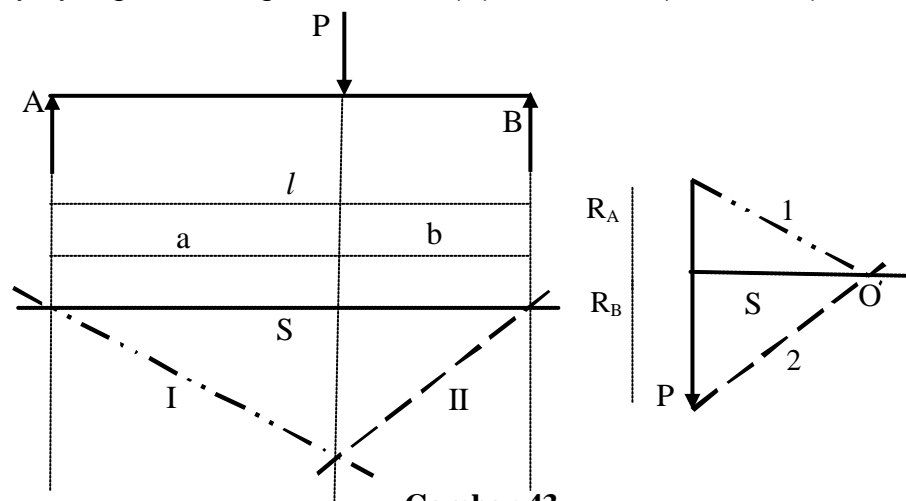


## b. Keseimbangan Gaya yang Tidak Konkuren

### 1) Keseimbangan Sebuah Gaya Aksi dengan Dua Gaya Reaksi

Peristiwa ini antara lain terjadi pada konstruksi balok sederhana yang dibebani oleh beban terpusat atau beban lainnya, baik satu buah gaya maupun lebih. Sebagai contoh sebuah gaya  $P$  (aksi) bekerja pada balok  $AB$  direaksi oleh gaya yang bekerja melalui titik  $A$  dan  $B$ . Untuk menyusun gaya aksi dan reaksi menjadi seimbang dapat dilakukan secara grafis ataupun analitis.

Cara grafis adalah sebagai berikut : lukis garis  $P$  dengan skala tertentu. Tentukan letak titik kutub  $O$ . Tarik garis 1 melalui ujung  $P$  dan titik  $O$ . Pindahkan garis satu ini pada garis kerja gaya  $P$  dan garis kerja gaya reaksi di  $A$  (sebut garis ini garis I). Tarik garis 2 melalui ujung  $P$  dan titik  $O$ . Pindahkan garis 2 ini melalui garis kerja  $P$  dan garis kerja reaksi di  $B$  (sebut garis ini garis II). Hubungkan titik potong antara garis I dan garis reaksi di  $A$  dengan garis II dan garis reaksi di  $B$  (sebut garis ini garis  $S$ ). Pindahkan garis  $S$  ini pada lukisan kutub melalui titik  $O$  (sebut garis ini garis  $S$ ). Jarak antara pangkal gaya  $P$  sampai titik potong garis  $S$  adalah besarnya reaksi di  $A$  ( $R_A$ ) yang arahnya ke atas dan jarak antara titik potong garis  $S$  dengan ujung gaya  $P$  adalah besarnya gaya reaksi di  $B$  ( $R_B$ ) yang arahnya ke atas. Dengan demikian diperoleh gaya yang seimbang antara aksi ( $P$ ) dan reaksi ( $R_A$  dan  $R_B$ )



Gambar 43

Dalam persoalan ini gaya aksi dan reaksi tidak konkuren, sehingga terjadi gerak rotasi. Oleh karena itu untuk menghitung secara analitis perlu menggunakan persamaan keseimbangan rotasi ( $SM = 0$ ). Sedang keseimbangan translasi dipakai sebagai kontrol saja.

$$SM_B = 0 \quad \uparrow \quad (\text{dimisalkan arah } R_A \text{ ke atas})$$

$$(R_A \cdot l) - (P \cdot b) = 0, \quad R_A = \frac{P \cdot b}{l} \quad (\text{ke atas})$$

$$SM_A = 0 \quad \uparrow \quad (\text{dimisalkan arah } R_B \text{ ke atas})$$

$$(R_B \cdot l) - (P \cdot a) = 0, \quad R_B = \frac{P \cdot a}{l} \quad (\text{arahnya ke atas})$$

Coba kontrol  $SG_Y = 0$

Contoh lain yang terdiri atas dua gaya aksi  $P_1$  dan  $P_2$  dengan dua gaya reaksi sebagai berikut. Dalam hal ini  $P_1 > P_2$ .

**Secara analitis :**

$$SM_B = 0 \quad (R_A \text{ dimisalkan ke atas})$$

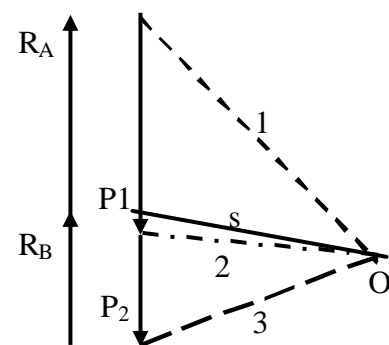
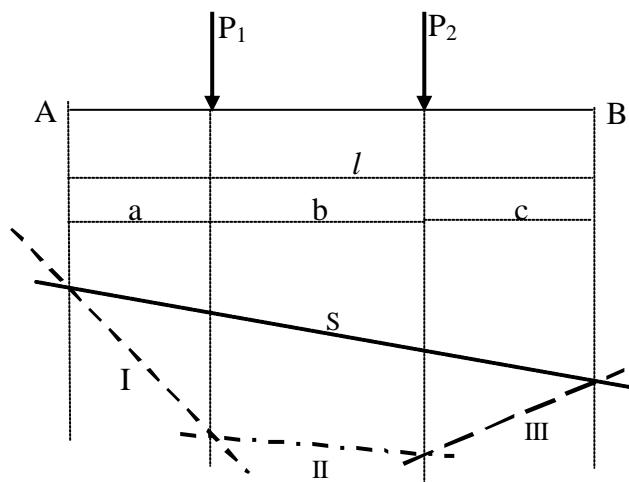
$$(R_A \cdot l) - (P_1 \cdot (b + c)) - (P_2 \cdot c) = 0$$

$$R_A = \frac{(P_1 \cdot (b + c)) + (P_2 \cdot c)}{l} \quad (\text{ke atas})$$

$$SM_A = 0 \quad (R_B \text{ dimisalkan ke atas})$$

$$(-R_B \cdot l) + (P_1 \cdot a) + (P_2 \cdot (a + b)) = 0$$

$$R_B = \frac{(P_1 \cdot a) + (P_2 \cdot (a + b))}{l} \quad (\text{ke atas})$$

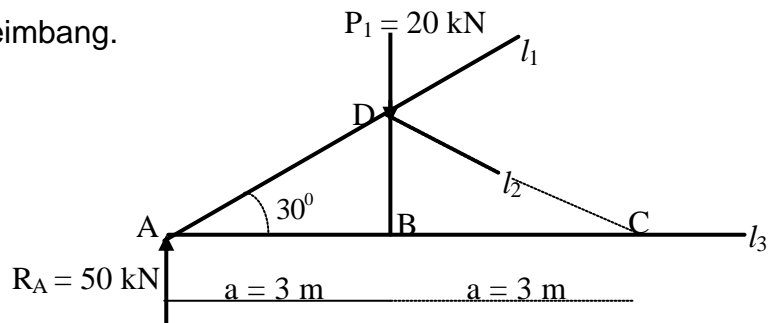


Gambar 44

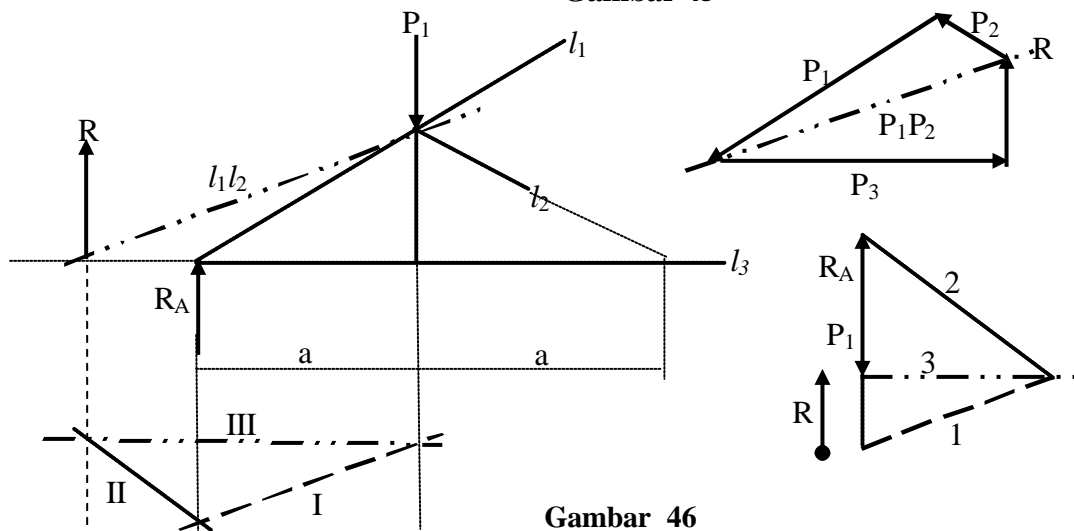
## 2) Keseimbangan Dua buah Gaya Aksi dengan Tiga buah Gaya Reaksi

Peristiwa ini terjadi antara lain pada pencarian gaya batang yang menggunakan metode potongan. Sebenarnya cara menyusun keseimbangan gaya sama dengan cara menyusun gaya yang setara, bedanya hanya arah gaya reaksi yang merupakan kebalikan dari arah gaya aksi. Berikut ini diberikan contoh secara grafis dan analitis.

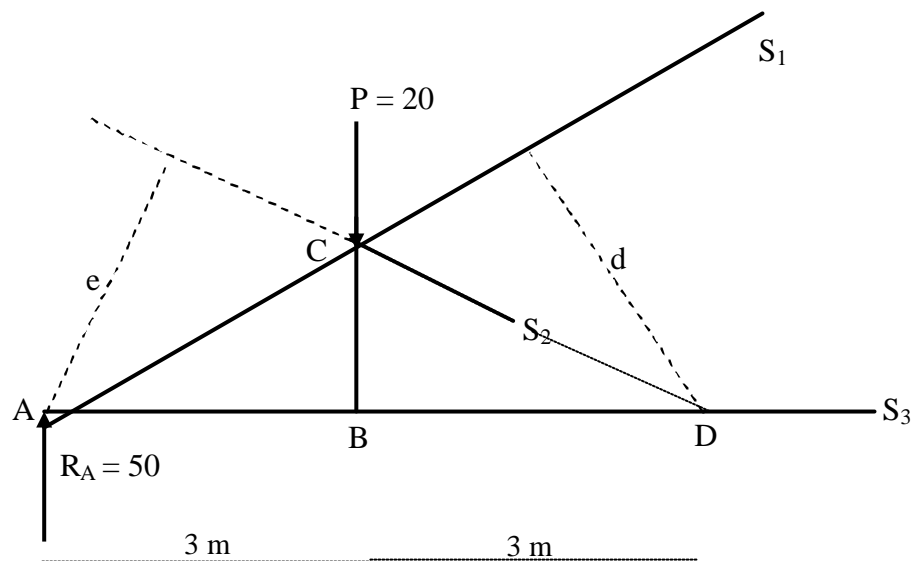
Sebuah rangka batang yang secara abstrak dipotong maka potongannya sebelah kiri harus seimbang dengan gaya-gaya yang bekerja di sebelah kiri potongan tersebut, demikian juga yang sebelah kanan. Dalam peristiwa ini ada tiga gaya reaksi yang timbul (paling banyak). Lebih dari tiga gaya reaksi tidak cukup diselesaikan dengan persamaan keseimbangan. Pada gambar 45 di bawah ini gaya  $R_A$ ,  $P_1$  dan gaya yang bergaris kerja 1, 2 dan 3 harus seimbang.



Gambar 45



Gambar 46



Gambar 47

Secara analitis perhitungan menggunakan keseimbangan rotasi ( $SM = 0$ ). Untuk mencari gaya  $S_3$ , maka gaya  $S_1$  dan  $S_2$  harga momennya dibuat nol. Oleh karena itu dipilih  $SM_D = 0$ . Dimisalkan arah gaya  $S_3$  meninggalkan titik buhul B, maka diperoleh persamaan :

$$R_A \cdot 3 + P_1 \cdot 0 + S_1 \cdot 0 + S_2 \cdot 0 - S_3 \cdot 3 \operatorname{tg} 30^\circ = 0$$

$S_3 = R_A \cdot 3 : 3 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 86,6 \text{ kN}$  (berarti arahnya sesuai dengan perkiraan yaitu meninggalkan titik buhul).

Untuk mencari  $S_1$ , maka momen akibat  $S_2$  dibuat nol dengan menggunakan  $SM_C = 0$ . Misal arah gaya  $S_1$  terhadap titik C meninggalkan titik buhul D. Jarak lengan gaya  $S_1$  terhadap titik C adalah  $d = 6 \cdot \sin 30^\circ = 3 \text{ m}$ . diperoleh persamaan :

$$R_A \cdot 6 - P_1 \cdot 3 + S_3 \cdot 0 + S_2 \cdot 0 + S_1 \cdot d = 0$$

$$\begin{array}{r}
 S_1 \cdot \frac{R_A \cdot 6 + P \cdot 3}{6} \\
 \frac{-50.6 + 20.3}{6} \\
 \frac{-300.6 + 60}{6} + \frac{240}{6} + 40
 \end{array}$$

**$S_1 = -40 \text{ kN}$**  (berarti arahnya berlawanan dengan perkiraan. Jadi arah  $S_1$  sebenarnya menuju titik buhul D)

Untuk mencari  $S_2$ , dipilih yang komponen gaya momennya sebanyak mungkin harganya nol. Untuk itu dipilih  $SM_A = 0$ . Gaya  $S_2$  dimisalkan arahnya meninggalkan titik buhul D. Jarak lengan momen gaya  $S_2$  terhadap titik A adalah  $e = 6 \cdot \sin 30^\circ = 3 \text{ m}$ , diperoleh persamaan :

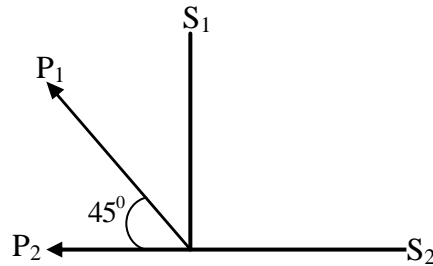
$$P \cdot 3 + S_2 \cdot e + R_A \cdot 0 + S_1 \cdot 0 + S_2 \cdot 0 = 0$$

$$P \cdot 3 = -S_2 \cdot e \quad \text{---} \quad S_2 = -\frac{P \cdot 3}{e} = -\frac{20 \cdot 3}{3} = -20 \text{ kN}$$

berarti arah  $S_2$  berlawanan dari perkiraan, jadi sebenarnya menuju titik buhul D

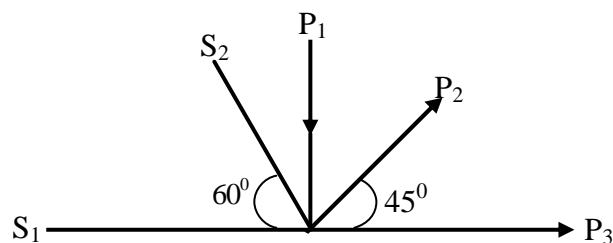
## B. Lembar Latihan

1. Tentukan besar dan arah gaya  $S_1$  dan  $S_2$  dari suatu titik buhul kuda-kuda agar seimbang dengan gaya yang sudah ada yaitu  $P_1 = 30$  kN dan  $P_2 = 40$  kN, baik secara grafis maupun analitis lihat gambar 48 di bawah ini. (Nilai analitis 5 dan nilai grafis 5).



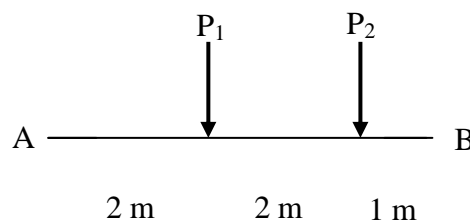
Gambar 48

2. Hitung besar dan arah gaya  $S_1$  dan  $S_2$  dari suatu titik buhul kuda-kuda agar seimbang dengan gaya yang sudah ada yaitu  $P_1 = 40$  kN,  $P_2 = 60$  kN dan  $P_3 = 30$  kN secara grafis dan analitis. (Nilai analitis 10 dan nilai grafis 10).



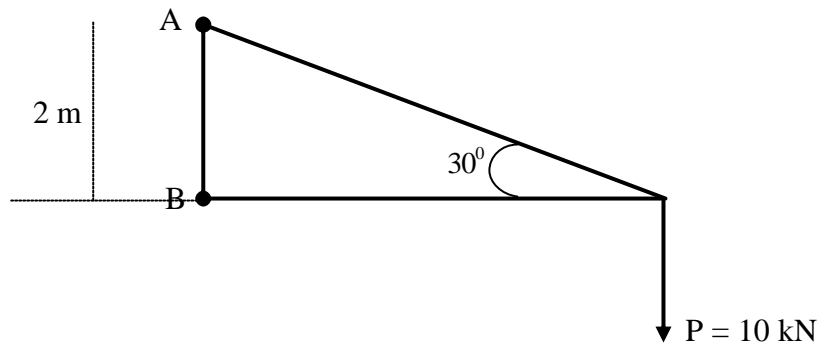
Gambar 49

3. Hitung gaya reaksi yang melalui A dan B akibat gaya aksi  $P_1 = 70$  kN dan  $P_2 = 40$  kN, secara grafis dan analitis. (Nilai analitis 10 dan nilai grafis 10).



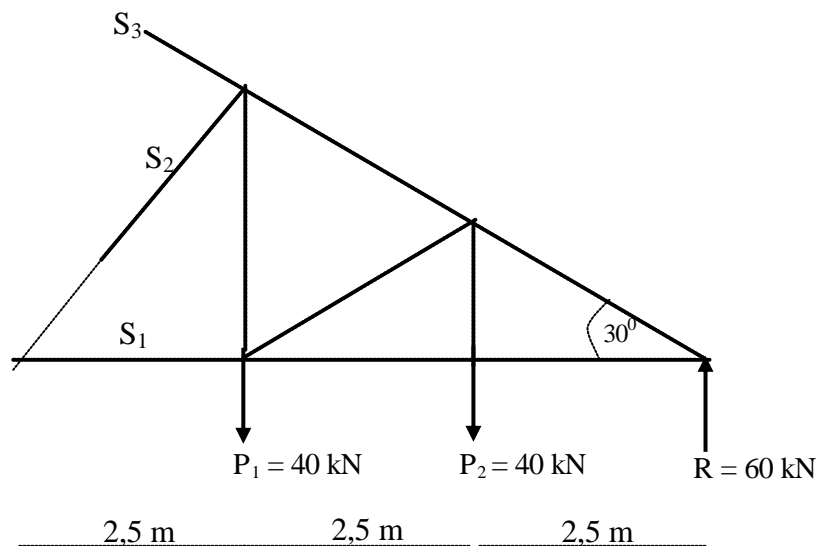
Gambar 50

4. Hitung secara grafis dan analitis gaya reaksi yang melalui A dan B yang diakibatkan oleh gaya  $P = 10 \text{ kN}$ . Garis kerja reaksi di B ditentukan mendatar, sedang garis kerja reaksi yang melalui A tentukan sendiri. (Nilai analitis 10 dan nilai grafis 10).



**Gambar 51**

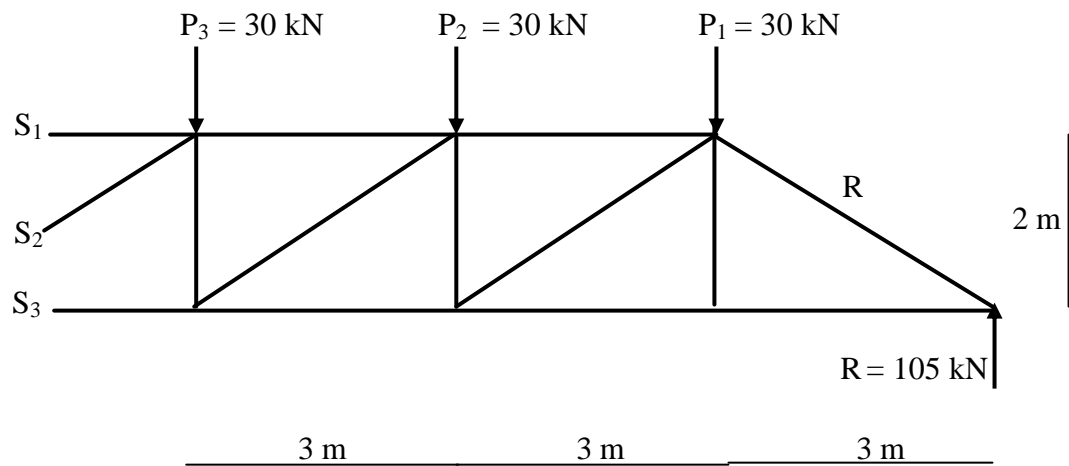
5. Hitung gaya batang  $S_1$ ,  $S_2$ , dan  $S_3$  agar seimbang dengan gaya luar (aksi)  $P_1$ ,  $P_2$ , dan  $R$  baik secara grafis maupun analitis. (Nilai analitis 15 dan nilai grafis 15).



**Gambar 52**

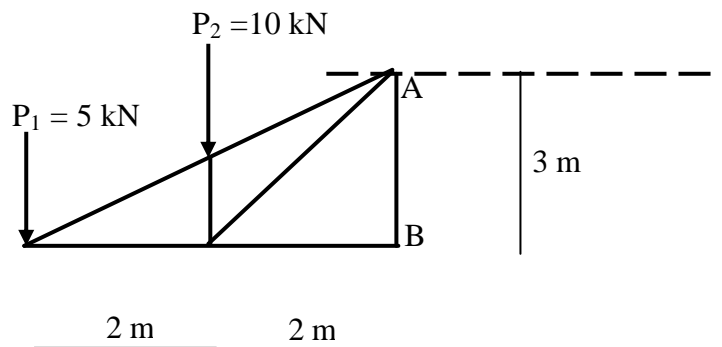
## LEMBAR EVALUASI

1. Tentukan gaya batang  $S_1$ ,  $S_2$  dan  $S_3$  agar seimbang dengan gaya luar  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  dan  $R$  seperti gambar 53 dibawah ini baik secara grafis maupun analitis. (Nilai analitis 30 dan nilai grafis 30).



Gambar 53

2. Tentukan besar, arah dan garis kerja reaksi yang belum diketahui akibat adanya gaya aksi  $P_1 = 5$  kN dan  $P_2 = 10$  kN. Diketahui garis kerja reaksi di A adalah mendatar. (Nilai analitis 20 dan nilai grafis 20).



Gambar 54



## LEMBAR KUNCI JAWABAN

### A. Kegiatan Belajar 1

1. Beban balok induk : 86,4 kN/m  
Beban balok anak : 94,5 N
2. Beban tetap merata : 3836,4 N/m  
Beban tetap terpusat : 94,5 N pada setiap jarak 1 m
3. Beban pada tanah dalam bentuk gaya adalah berat seluruh bangunan, isi, beban berguna dan sebagainya, dibagi jumlah kolom yang menahan beban. Sedang dalam bentuk tekanan tanah beban tersebut dibagi luas alas pondasi. Yang lain analisis sendiri.
4. Beban pada buhul tepi 288,75 N; pada buhul tengah 577,5 N

### B. Kegiatan Belajar 2

1. 4 kN ke bawah
2.  $R = 4$  kN terletak 0,25 m dari C ke bawah
3.  $R = 17,43$  kN (ke bawah);  
membentuk sudut dengan garis mendatar  $36^{\circ}36'$
4.  $R_y = 38,48$  kN ke bawah;  
 $R_x = 8,84$  kN ke bawah;  
 $R = 39,48$  kN terletak 6,83 m dari A dengan sudut  $282^{\circ}56'$
5.  $R = 20$  kN ke atas terletak 10,75 m dari A ke kanan
6.  $R_y = 75$  kN ke atas;  
 $R_x = 50$  kN ke kiri;  
 $R = 90,14$  kN ke kiri-atas dengan sudut  $123^{\circ}41'$
7.  $R = 18$  kN ke bawah terletak 17,33 m dari titik A

### C. Kegiatan Belajar 3

1.  $P_A = 23,6$  kN ke kiri-bawah dengan sudut  $23,4^{\circ}$ .  
 $P_B = 3,1$  kN ke bawah

2.  $P_1 = 13,3$  kN ke kanan;  
 $P_2 = 20$  kN ke kiri;  
 $P_3 = 12$  kN ke bawah
3.  $R = 24,74$  kN ke kanan-bawah

#### **D. Kegiatan Belajar 4**

1.  $S_1 = -21,21$  kN (ke bawah);  
 $S_2 = 61,21$  kN (ke kanan)
2.  $S_1 = 78,05$  kN (ke kiri);  
 $S_2 = -2,81$  kN (ke bawah)
3.  $R_A = 50$  kN (ke atas);  
 $R_B = 60$  kN (ke atas)
4.  $R_A = 20$  kN (ke kiri-atas dengan sudut  $30^0$ );  
 $R_B = 17,3$  kN (ke kanan)
5.  $S_1 = 69,28$  kN (ke kiri meninggalkan titik buhul);  
 $S_2 = -52,9$  kN (ke atas menuju titik buhul);  
 $S_3 = -40$  kN (ke bawah menuju titik buhul)

#### **E. Kunci Jawaban Evaluasi**

1.  $S_1 = 360$  kN (ke kanan);  
 $S_2 = 27,04$  kN (ke bawah);  
 $S_3 = 337,5$  kn (ke kiri)
2.  $R_A = 13,33$ kN (ke kanan);  
 $R_B = 20,07$  kN (ke kiri-atas dengan sudut  $48,37^0$ )

## DAFTAR PUSTAKA

Arief Darmali dan Ichwan. 1979. *Ilmu Gaya Sipil 1*. Jakarta : Direktorat PMK, Depdikbud.

\_\_\_\_\_. 1979. *Ilmu Gaya Sipil 2* Jakarta : Direktorat PMK, Depdikbud.

Bustam Husin, 1989. *Mekanika Teknik Statis Tertentu*. Jakarta : Asona.

Frick. Heinz. 1979. *Mekanika Teknik, Statika dan Kegunaannya 1*. Yogyakarta : Kanisius.

\_\_\_\_\_. 1979. *Mekanika Teknik, Statika dan Kegunaannya 2*. Yogyakarta : Kanisius.

Gere dan Timoshenko (terjemahan Hans J. Wospakrik). 1987. *Mekanika Bahan*. Jakarta : Erlangga.

Hofsteede J.G.C., Kramer P.J. dan Baslim Abas. 1982. *Ilmu Mekanika Teknik A*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.

\_\_\_\_\_. 1982. *Ilmu Mekanika Teknik C*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.

Nurludin A. 1964. *Dasar-Dasar Grafostatika*. Jakarta : H.Stam.

Soetojo Tjolrodihardjo. 1998. *Analisis Struktur*. Yogyakarta : Biro Penerbit.

Trefor, J.R. Lewis E.K, David, W.L. 1977. *Introduction to Structural Mechanics*. Geat Britain : Hodder and Strougton Educational.

## PETA MODUL BIDANG KEAHLIAN TEKNIK BANGUNAN

### Program Keahlian : Teknik Konstruksi Bangunan



**Keterangan :**

- BAG : Bidang Keahlian Teknik Bangunan
- TGB : Program Keahlian Teknik Gambar Bangunan
- TSP : Program Teknik Survei dan Pemetaan
- TKB : Program Keahlian Teknik Konstruksi Bangunan
- TPK : Program Teknik Perakayuan
- TPS : Program Teknik Plambing dan Sanitasi
- : Modul yang dibuat