

Pertemuan I, II

I. Gaya dan Konstruksi

I.1 Pendahuluan

Gaya adalah suatu sebab yang mengubah sesuatu benda dari keadaan diam menjadi bergerak atau dari keadaan bergerak menjadi diam. Dalam mekanika teknik, gaya dapat diartikan sebagai muatan yang bekerja pada struktur.

Ketika kita melihat sebuah pesawat terbang melayang di udara, maka dapat dipahami adanya pengaruh gaya-gaya yang mengangkat dan mendorong pesawat tersebut. Lain halnya apabila ada sebuah benda tergantung pada sebuah kawat dan tetap diam tidak bergerak, maka sukar dipahami adanya pengaruh gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut, kecuali apabila kawat tersebut putus.

Apabila kawat tempat benda bergantung itu putus, maka segera dapat dipahami pengaruh gaya-gaya di dalam sistem itu, yaitu pengaruh gaya berat pada benda yang mengakibatkan benda jatuh jika kawat putus dan pengaruh suatu gaya yang menyebabkan kawat tegang selama benda bergantung pada kawat tersebut.

Gaya yang digambarkan tersebut di atas disebut *Gaya Tersembunyi*, yaitu gaya yang tersembunyi di dalam konstruksi. Gaya-gaya semacam inilah yang akan kita bahas lebih lanjut dalam bidang ilmu gaya Mekanika Teknik.

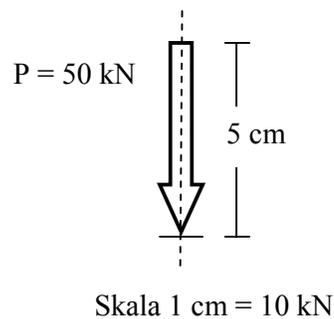
I.2 Sifat Gaya

Gaya merupakan salah satu besaran vektor yang dapat ditentukan besaran/nilai dan arahnya. Pada suatu struktur bekerja gaya atau muatan dengan sifat-sifatnya sebagai berikut:

1. Mempunyai besaran.
2. Mempunyai arah.
3. Mempunyai titik tangkap.

Jika pada sebuah benda bekerja gaya yang dapat mengimbangi berat sendiri bendanya, maka benda akan berubah keadaan. Selanjutnya kita amati sebuah benda yang jatuh ke bawah, disebabkan karena ada gaya yang menarik ke bawah. Gaya itu adalah berat sendiri dari benda tersebut akibat pengaruh *gravitasi*. Gaya berat tersebut mempunyai arah ke bawah dan bekerja melalui titik berat benda. Hal ini menunjukkan bahwa *sebuah gaya mempunyai besaran atau nilai, arah, dan titik tangkap*.

Untuk menggambarkan gaya, lazim digunakan *anak panah*. Besarnya suatu gaya dapat digambarkan berupa panjang anak panah, makin panjang anak panah, makin besar pula gayanya. Gaya dinyatakan dalam satuan berat yaitu *Newton*. Arahnya ditunjukkan dengan arah mata panah. Titik tangkap sebuah gaya ditunjukkan oleh sebuah garis melalui sumbu batang panah. Sebagai contoh sebuah gaya $P = 50 \text{ kN}$ bekerja tegak lurus ke bawah, dan titik tangkap melalui sumbu batang panah, diperlihatkan pada Gambar 1.1.



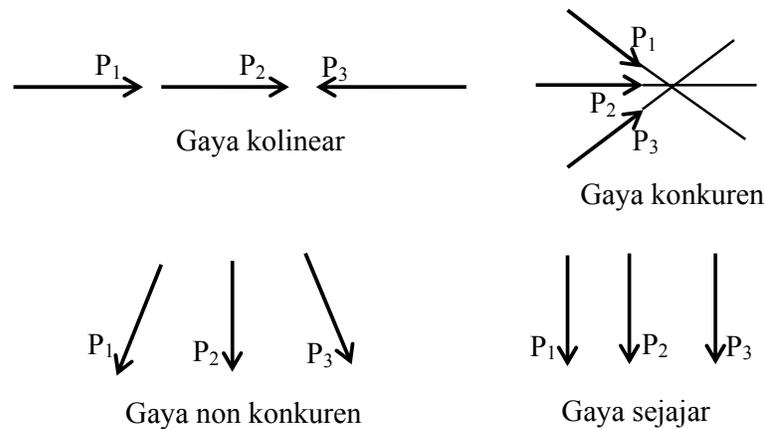
Gambar 1.1 Sifat Gaya

I.2.1 Komposisi Gaya

Pada suatu struktur mungkin bekerja lebih dari satu gaya dan susunannya juga bermacam-macam, berbagai kemungkinan komposisi gaya antara lain :

1. *Gaya-gaya kolinear*, adalah gaya-gaya yang garis kerjanya terletak pada satu garis lurus.
2. *Gaya-gaya konkuren*, adalah gaya-gaya yang garis kerjanya berpotongan melalui suatu titik.

3. *Gaya-gaya nonkonkuren*, adalah gaya-gaya yang garis kerjanya berpotongan dengan yang lain tidak pada satu titik.
4. *Gaya-gaya sejajar*, adalah gaya-gaya yang garis kerjanya sejajar satu sama lain.



Gambar 1.2 Komposisi Gaya

I.2.2 Kestimbangan Gaya dan Resultan Gaya

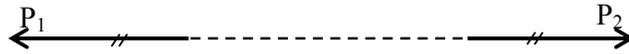
Bila ada sejumlah gaya yang bekerja pada sebuah benda, maka kesetimbangan gaya-gayanya ditentukan dengan resultan gaya. Untuk menghitung berbagai gaya ini digunakan salib-sumbu ortogonal XY, dan semua gaya dilukiskan di dalam bidang ini agar dapat dihitung secara aljabar, disamping itu juga dapat digunakan cara grafis.

Untuk penyelesaian secara aljabar ditetapkan *tanda* sebagai lazimnya digunakan di dalam salib-sumbu, yaitu :

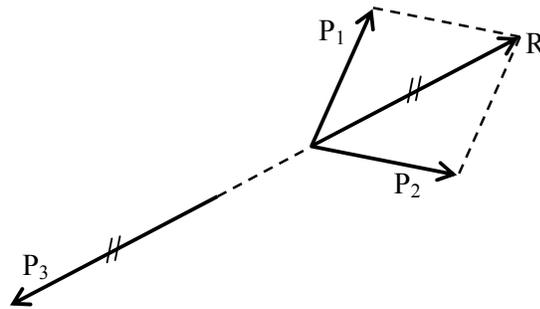
- *Gaya Positif*, suatu proyeksi gaya pada suatu sumbu akan *positif*, bila arah gaya tersebut ke kanan, atau ke atas.
- *Gaya negatif*, suatu proyeksi gaya pada suatu sumbu akan *negatif*, bila arah gaya tersebut ke kiri, atau ke bawah.

Dua gaya dikatakan setimbang, jika besarnya sama, arahnya berlawanan dan segaris kerja, diperlihatkan pada Gambar 1.3. Untuk tiga gaya dikatakan setimbang, apabila gaya yang satu dengan resultan dua gaya lainnya

mempunyai besaran yang sama, segaris kerja dan arahnya berlawanan, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.4.

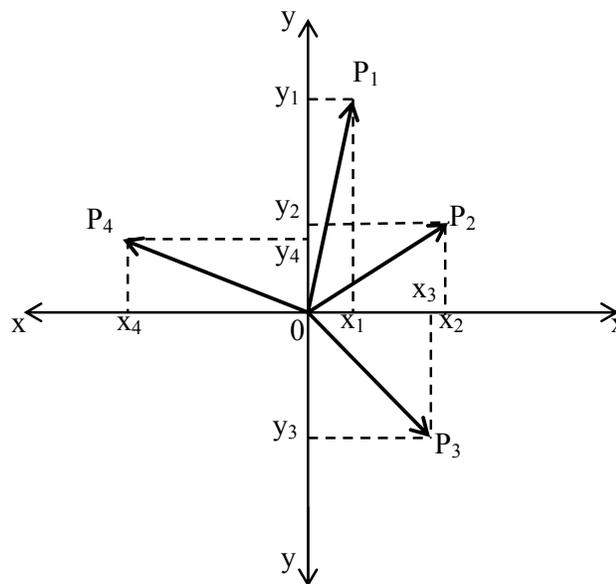


Gambar 1.3 Kestimbangan Dua Gaya



Gambar 1.4 Kestimbangan Tiga Gaya

Gaya-gaya yang mempunyai titik tangkap yang sama, resultan dari gaya-gaya tersebut dapat ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya ke dalam sumbu x dan y.



Gambar 1.5 Menguraikan Gaya

Tabel 1.1 Uraian gaya

P	P_x	P_y
P ₁	P _{x1} = P ₁ cos α	P _{y1} = P ₁ sin α
P ₂	P _{x2} = P ₂ cos α	P _{y2} = P ₂ sin α
P ₃	P _{x3} = P ₃ cos α	P _{y3} = - P ₃ sin α
P ₄	-P _{x3} = P ₄ cos α	P _{y4} = P ₄ sin α
	∑P _x	∑P _y

α adalah sudut antara gaya dengan sumbu x

Besarnya resultan gaya adalah :

$$R = \sqrt{(\sum Px)^2 + (\sum Py)^2}$$

Dengan arah : $tg \alpha = \frac{\sum Py}{\sum Px}$ dan menangkap pada titik 0.

I.3 Perletakan

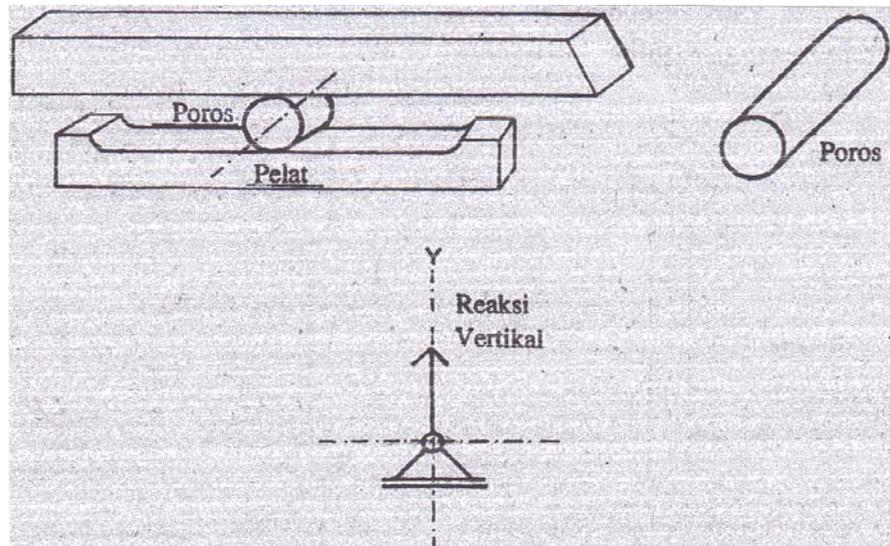
Suatu struktur direncanakan untuk suatu keperluan tertentu. Tugas utama suatu struktur adalah mengumpulkan gaya akibat muatan yang bekerja padanya dan meneruskannya ke bumi. Untuk melaksanakan tugasnya dengan baik, struktur harus berdiri dengan kokoh.

Untuk mendapatkan struktur yang kokoh harus dipertimbangkan stabilitas struktur. Suatu struktur akan stabil bila struktur diletakkan di atas pondasi yang baik. Pondasi ini akan melawan gaya aksi yang diakibatkan oleh muatan yang diteruskan oleh struktur kepada pondasi. Gaya lawan yang timbul pada pondasi disebut *reaksi*.

Dalam hal ini pondasi yang dimaksud digambarkan sebagai *perletakan*. Untuk menjamin stabilitas suatu struktur harus dipenuhi syarat *aksi* sama dengan *reaksi*. Reaksi sebagai gaya yang bekerja pada pondasi dapat berupa gaya atau momen, ataupun kombinasi gaya dan momen. Oleh karena itu perlu diciptakan perletakan yang dapat menahan gaya vertikal, gaya horisontal, dan momen.

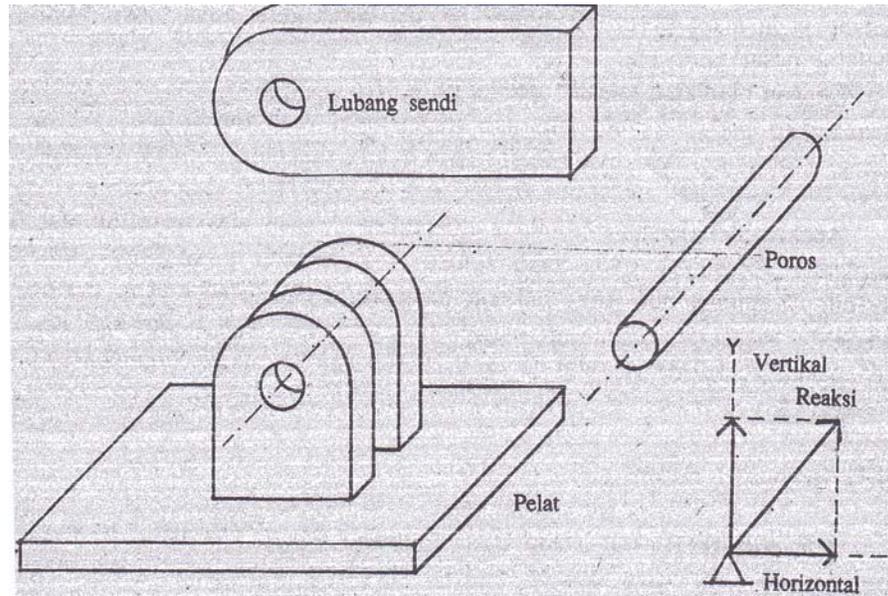
Adapun jenis-jenis perletakan yang umum digunakan didalam mekanika ada empat, yaitu :

1. *Perletakan Rol* (geser), mempunyai titik tangkap reaksi melalui pusat porosnya. Apabila porosnya licin sempurna maka poros ini hanya dapat meneruskan gaya yang tegak lurus bidang singgung dimana poros ini diletakkan. Jadi suatu perletakan rol akan menyumbangkan satu gaya reaksi yang tegak lurus bidang dimana poros itu diletakkan, dan garis kerja gaya reaksi akan melalui pusat porosnya, akan tetapi besarnya reaksi masih belum diketahui. Jika ada gaya yang bekerja pada struktur, maka akan hanya ada satu reaksi vertikal yang dapat disumbangkan oleh perletakkan ini. Perletakan rol digambarkan sebagai , bentuknya dapat dilihat pada Gambar 1.6.

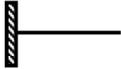


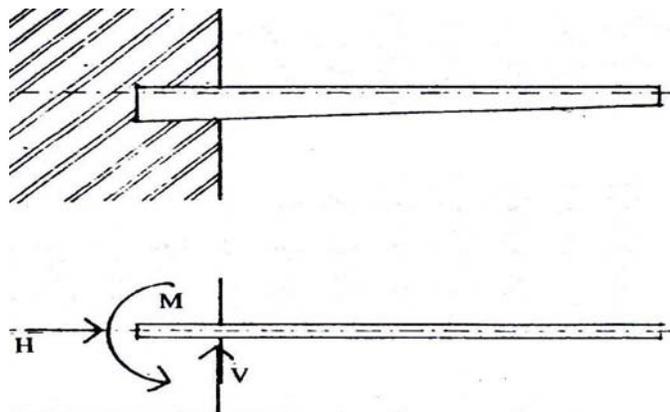
Gambar 1.6 Perletakan Rol (geser)

2. *Perletakan sendi*, garis kerja reaksinya melalui pusat poros dan titik sentuh bidang singgung, adapun besar dan arah reaksi tidak diketahui, tergantung pada gaya yang mempengaruhinya. Kedua elemen reaksi dapat digambarkan melalui komponen V dan H, sebagai notasi dari reaksi vertikal dan horisontal di perletakan. Perletakan sendi digambarkan dengan tanda , bentuk lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.7.



Gambar 1.7 Perletakan Sendi

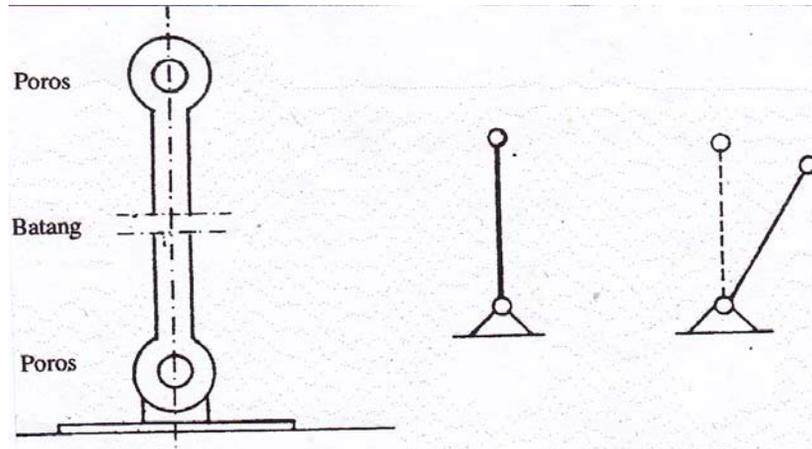
3. *Perletakan jepit*, mampu menahan gaya-gaya dan momen bahkan dapat menahan torsi. Dengan demikian dapat memberikan reaksi mendatar, tegak, momen, dan torsi, tetapi besarnya tidak diketahui, hanya diketahui titik tangkap reaksi saja, yaitu diperletakan jepitnya. Perletakan jepit digambar dengan , bentuknya dinyatakan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.8.



Gambar 1.8 Perletakan Jepit

4. *Perletakan pendel*, mempunyai sifat sama dengan perletakan rol (geser), yaitu suatu perletakan yang titik tangkap dan garis kerjanya diketahui.

Perletakan ini dapat meneruskan gaya melalui sumbu tiang yang bekerja melalui pusat kedua poros pada kedua ujungnya, hanya dapat memberikan satu reaksi yang menangkap pada titik tertentu, dan mempunyai satu arah tertentu pula, bentuknya dapat diperlihatkan pada Gambar 1.9.



Gambar 1.9 Perletakan Pendel

1.4 Jenis-Jenis Konstruksi

Konstruksi merupakan suatu elemen bangunan (*free body*) yang menahan keseimbangan antara muatan (aksi) dan reaksi, dimana gaya-gaya muatan bekerja di luar konstruksi yang disebut sebagai gaya luar (muatan dan reaksi), sehingganya timbul gaya yang merambat dari muatan kepada reaksi perletakan yang disebut sebagai gaya dalam (gaya normal, gaya lintang/geser, dan gaya momen).

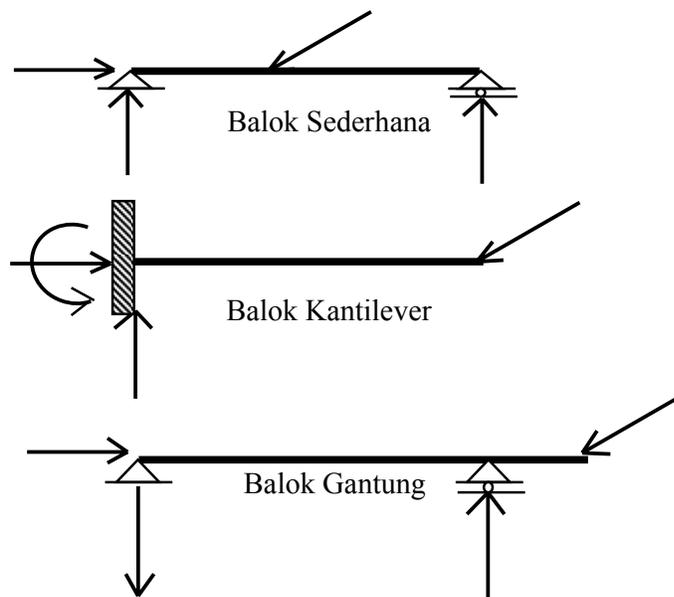
Sebagian besar konstruksi/struktur dapat dimasukkan ke dalam salah satu dari tiga golongan, yaitu balok, portal, dan rangka batang. Balok memikul beban tegak saja, persoalan balok akan dapat diselesaikan secara lengkap apabila diagram gaya geser dan momennya telah diperoleh. Portal tersusun dari batang-batang yang dihubungkan dengan sambungan kaku, suatu portal akan teranalisa secara lengkap apabila telah diperoleh variasi gaya geser, gaya aksial momennya di seluruh bagian anggotanya. Rangka batang dipandang sebagai bagian-bagian yang dihubungkan dengan sendi,

sehingga gaya geser dan momen pada seluruh batangnya terhapus, suatu rangka batang teranalisa secara lengkap apabila gaya aksial disetiap batangnya telah diperoleh.

Diagram gaya geser dan momen suatu elemen struktur akan dapat digambarkan apabila semua reaksi luarnya telah diperoleh. Dalam keseimbangan system gaya-gaya sejajar yang sebidang, telah dibuktikan bahwa jumlah gaya-gaya yang tidak diketahui pada sembarang elemen bangunan yang dapat dihitung dengan menggunakan prinsip statika tidak bisa lebih dari dua buah, disebut juga sebagai *struktur statis tertentu*.

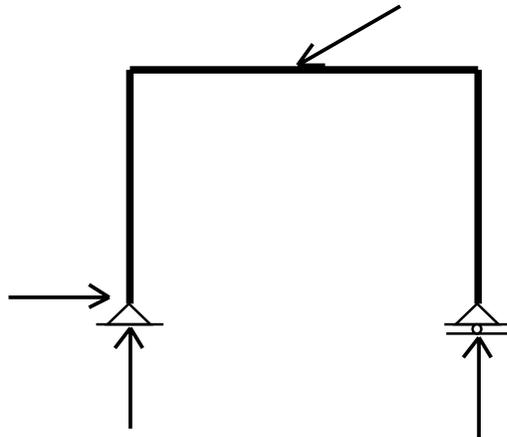
Suatu elemen struktur akan bersifat statis tertentu jika reaksi-reaksi hanya tiga, karena statika hanya menyediakan tiga kondisi keseimbangan, yaitu keseimbangan gaya-gaya vertikal, keseimbangan gaya-gaya horisontal, dan keseimbangan momen, yang dapat ditunjukkan dengan persamaan $\sum V = 0$, $\sum H = 0$, dan $\sum M = 0$.

Dalam kasus-kasus balok sederhana (*simple beam*), balok gantung (*overhanging beam*), dan balok kantilever (*cantilever*, balok terjepit sebelah) bersifat statis tertentu, karena reaksi luarnya hanya tiga, seperti diperlihatkan pada Gambar 1.10.



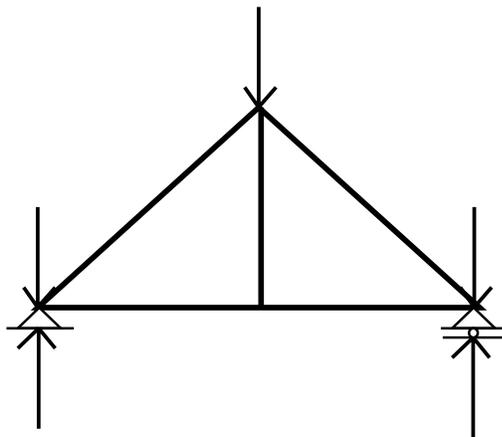
Gambar 1.10 Balok-Balok Statis Tertentu

Suatu portal bertingkat satu (*single story*) akan bersifat statis tertentu jika reaksi-reaksi luarnya hanya tiga, dan sesuai dengan jumlah persamaan keseimbangan yang tersedia untuk sistem gaya sebidang umumnya, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.11.



Gambar 1.11 Struktur Portal Statis Tertentu

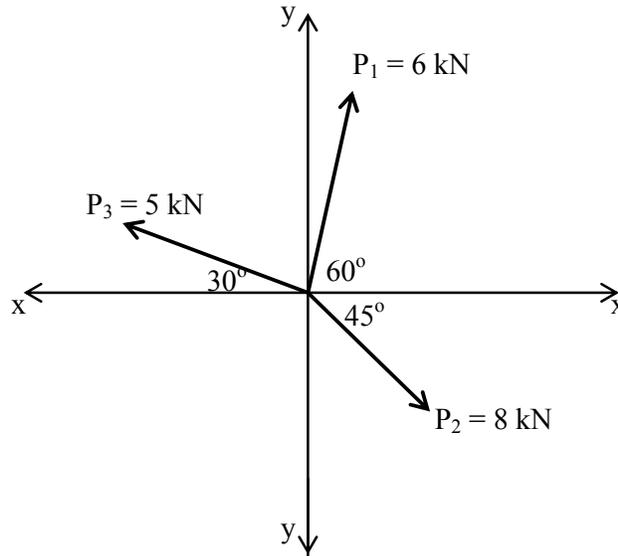
Kondisi perlu agar suatu rangka batang bersifat statis tertentu adalah bahwa jumlah gaya yang tak diketahui sekurang-kurangnya ada tiga dan jumlah batang di dalam rangka batang tersebut adalah $2j - r$, dimana j sama dengan jumlah titik hubungannya dan r sama dengan jumlah reaksinya. Bentuk rangka batang statis tertentu dapat dilihat pada Gambar 1.12.



Gambar 1.12 Konstruksi Rangka Batang Statis Tertentu

1.5 Contoh-Contoh Soal dan Pembahasan

Soal 1. Tentukan resultan dari komposisi gaya-gaya dan arahnya pada gambar di bawah ini.



Gambar 1.13 Contoh Soal 1. Menguraikan Gaya

Penyelesaian :

Tabel 1.2 Uraian gaya contoh soal 1

P (kN)	P_x (kN)	P_y (kN)
P ₁ = 6	P _{x1} = 6 cos 60	P _{y1} = 6 sin 60
P ₂ = 8	P _{x2} = 8 cos 45	P _{y2} = -8 sin 45
P ₃ = 5	P _{x3} = -5 cos 30	P _{y3} = 5 sin 30
	∑P _x = 4,33	∑P _y = 2,04

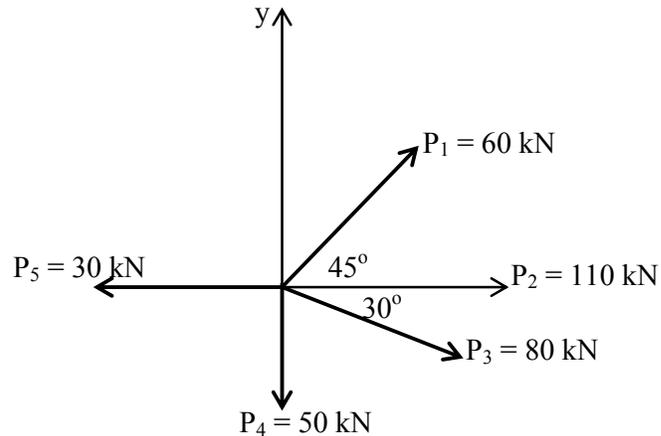
Besarnya resultan gaya adalah :

$$R = \sqrt{(4,33)^2 + (2,04)^2} = 4,79 \text{ kN}$$

Dengan arah : $tg \alpha = \frac{2,04}{4,33}$

$\alpha = 25^{\circ}23''$ ke kanan atas, dan menangkap pada titik 0.

Soal 2. Tentukan resultan dari komposisi gaya-gaya dan arahnya pada gambar di bawah ini.



Gambar 1.14 Contoh Soal 2. Menguraikan Gaya

Penyelesaian :

Tabel 1.3 Uraian gaya contoh soal 2

P (kN)	Px (kN)	Py (kN)
$P_1 = 60$	$P_{x1} = 60 \cos 45$	$P_{y1} = 60 \sin 45$
$P_2 = 110$	$P_{x2} = 110 \cos 0$	$P_{y2} = 110 \sin 0$
$P_3 = 80$	$P_{x3} = 80 \cos 30$	$P_{y3} = -80 \sin 30$
$P_4 = 50$	$P_{x4} = 50 \cos 90$	$P_{y4} = -50 \sin 90$
$P_5 = 30$	$P_{x5} = -30 \cos 0$	$P_{y5} = 30 \sin 0$
	$\sum P_x = 191,71$	$\sum P_y = -47,57$

Besarnya resultan gaya adalah :

$$R = \sqrt{(191,71)^2 + (-47,57)^2} = 197,52 \text{ kN}$$

Dengan arah : $tg \alpha = \frac{-47,57}{191,71}$

$\alpha = 13^\circ 9' 4''$ Ke kanan bawah, dan menangkap pada titik 0.