MEKANIKA TEKNIK
STATIKA

JILID I

Oleh

DRS DARMAWI

INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
PADANG
1989

KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Allah Yang Maha Kuasa, akhirnya penulis dapat menyusun buku Mekanika Teknik Statika jilid I ini.

Buku ini disusun mulai dari dasar sekali, yang meliputi statika dua dymensi (bidang) dan statika tiga dymensi (ruang). Setiap prinsip yang diurapkan dilengkapi dengan beberapa contoh soal sebagai aplikasi, yang sangat membantu pembaca belajar mandiri. Di setiap bab dilengkapi dengan beberapa soal-soal untuklatihan bagi pembaca. Dengan demikian diharapkan buku ini dapat menunjangn perkembangan ilmu pengetahuan dewasa ini, terutama sekali pengetahuan teknik.

Untuk kesempurnaan buku ini, penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca. Akhirnya penulis mengucapkan bangak terima kasih.

Padang , J u n i 1989.

P e n u l i s.

D A F T A R I S I

D A F T A R G A M B A R

GAMBAR		HALAMAN

GAMBAR

HALAMAN

D A F T A R T A B E L

TABEL. HALAMAN

B A B I
P E N D A H U L U A N

Mekanika adalah suatu ilmu yang menggambarkan dan meramalkan kondisi benda diam atau bergerak, di bawah pengaruh suatu gaya yang bekerja padanya. Mekanika terbagi tiga diantaranya:Mekanika benda tegar,mekanika benda lentur (deformasi), dan mekanika fluida.

Mekanika benda tegar terbagi 2, yaitu statika dan dynamika. Statika maksudnya kesetimbangan benda dalam keadaan diam. Dynamika adalah kesetimbangan benda dalam keadaan bergerak. Benda tegar maksudnya struktur yang tidak berubah sedikitpun waktu menerima beban. Berarti rangka tadi tidak mengalami perpendekan, perpanjangan, pelenturan, pembengkokkan , waktu menerima beban. Sebenarnya suatu struksur , selalu memalami deformasi sewaktu menerima beban, tetapi sangat sedikit-sekali, dan dalam batas yang dapat diabaikan. Mekanika benda lentuk : adalah ilmu yang mempelajari deformasi tersebut . Masaalah deformasi ini sangat erat hubungannya dengan mekanika kekuatan bahan. Masalah kekuatan bahan ini akan diuraikan pada buku mekanika teknik kekuatan bahan.

Mekanika fluida adalah suatu ilmu yang mempelajari fluida (cairan dan gas), tak termampatkan dan termampatkan. Pada hakekatnya mekanika adalah cabang dari ilmu fisika. Karena keduanya sama-sama mempelajari gejala alam (fisis). Untuk membantu memecahkan masaalah mekanika ini, atau mentrapkan , dipakai matematika. Sebenarnya mekanika ini merupakan dasar dari banyak ilmu teknik yang merupakan persyaratan mula untuk mempelajari ilmu teknik lainnya.

Mekanika tidak berdasarkan kepada kaedah empiris (pengalaman), seperti beberapa ilmu teknik lainnya, tetapi pendekatannya dititik beratkan kepada pendekatan deduktif yang merupakan pendekatan matematika. Mekanika bukan ilmu abstrak , tetapi suatu ilmu terpakai. Tujuan mempelajari mekanika ini adalah menerangkan dan meramalkan gejala fisis , dan dengan demikian meletakkan dasar aplikasi teknik.

E. Russell Johnston. Jr(1976: 2), prinsip mekanika telah diselidiki oleh para ahli seperti: Aristoteles(384-322SM), Archimedes(287-212SM), Sir Isaac Newton(1642-1727). Setelah itu timbullah prinsip yang memuaskan. Kemudian prinsip itu dimodifikasi oleh D' Alembert, Langrange dan Hamilton, sehingga prinsip mekanika itu disetujui karena tidak ada yang menyanggah. Sampai kepada datangnya pendekatan Einstein (1905), prinsip mekanika ini masih tetap menjadi dasar ilmu teknik.

Konsep dasar ilmu mekanika adalah : ruang; waktu ; massa; dan gaya. Konsep ruang adalah ; suatu titik yang berada dialam ini harus ditentukan dari tiga jarak, yang diukur dari titik asal, tiga jarak adalah : dymensi ruang yang terdiri dari : panjang , lebar dan tinggi yang dikenal dengan koordinat. Konsep waktu adalah : untuk menunjukan atau menyatakan suatu kejadian di alam ini, tidak cukup hanya menunjukan posisinya atau tempat kejadiannya saja. Kapan kejadian itu terjadi, berapa lamanya kejadian itu berlalu, harus dinyatakan dengan jelas. Tanpa pernyataan waktu data suatu kejadian akan masih kurang. Konsep massa diperlukan untuk membedakan atau menyatakan sifat hambatan terhadap massa yang sama dan massa yang berbeda. Sebab dua buah benda terdiri dari bahan yang berbeda dengan massa yang sama didapatkan volume yang berbeda, sudah tentu tahanan terhadap benda itu akan berbeda satu sama lainnya. Faktor massa dalam hal ini sangan pegang peranan penting. Konsep gaya akan menunjukan aksi suatu benda terhadap benda lain. Untuk itu aksi benda harus dinyatakan dengan jelas, serta berapa besarnya aksi itu bekerja . Seterusnya juga harus dibedakan apakah aksi itu berkontak langsung atau tidak. Gaya tersebut harus ditentukan oleh titik tangkap, besar dan arah. Gaya tersebut dinamakan besaran vektor.

Dewasa ini ada 3 macam satuan yang dipakai, diantaranya : satuan Metrik, satuan British, dan satuan System Internasional . Satuan System Internasional ditetapkan pada tahun 1960. Didalam buku ini satuan yang dikembangkan adalah satuan System Internasional(SI) .

Adapun satuan dan simbol yang dipakai dalam satuan SI adalah seperti tabel I.I :

TABEL I. I. BESARAN DAN SATUAN

BESARAN (SYMBOL)	SATUAN (SYMBOL)
Panjang (L)	Meter (m)
Massa (m)	Kilogram (kg)
Waktu (t)	Detik (s), Menit (min).
Suhu Mutlak (T)	Derajat Kelvin (^{o}K).
Suhu Biasa (t)	Derajat Celsius (^{o}C).
Sudut (θ)	Derajat sudut(^{o}), Radial (rad)
Luas (A)	Meter persegi (m^2).
Volume (V)	Meter kubik (m^3).
Kecepatan Linear (v)	Meter per detik (m/s).
Percepatan linear (a)	Meter per detik ^{2} (m/s^2)
Kecepatan sudut (w)	Radial per detik (rad/s)
Percepatan sudut (α)	Radial per detik^2 (rad/s^2)
Kelajuan putaran (n)	Repolution per menit (rpm).
Massa Jenis (ρ)	Kilogram per meter kubik(kg/m^3)
Momentum (M)	Kilogrammeter per detik(kgm/s)
Momen Inersia (I)	Kilogram meter^2 (kgm^2)
Gaya, Berat (F, B)	Newton (N).
Momen puntir(Mpt)	Newton meter (N m)
Momen Bengkok (Mb)	Newton meter (N m)
Energi (E), Kerja (W)	Joule (J) . J = N m
Daya (P)	Watt (W), W = J/s
Tekanan, Tegangan (p, σ)	Pascal (Pa), Pa = N/m^2

Kelipatan dan symbol yang dipakai pada satuan System Internasional seperti tabel I.2.

TABEL I. 2. KELIPATAN DAN SYMBOL

PREFIKS	SYMBOL	KELIPATAN	PENULISAN SINGKAT
Terra	T	1.000.000.000.000	10^{12}
Giga	G	1.000.000.000.	10^{9}
Mega	M	1.000.000.	10^{6}
Kilo	k	1.000.	10^{3}
Hekto	h	1 00	10^{2}
Deka	da	1 0	10
Desi	d	0,1	10^{-1}
Senti	c	0,01	10^{-2}
Milli	m	0,001	10^{-3}
Micro	u	0,000.001	10^{-6}
Nano	n	0,000.000.001	10^{-9}
Piko	p	0,000.000.000.001	10^{-12}
Temto	f	0,000.000.000.000.001	10^{-15}
Ato	a	0,000.000.000.000.000.001	10^{-18}

Untuk merubah satuan dari suatu satuan ke satuan lainnya harus dikali atau dibagi dengan suatu angka. Angka tersebut dinamakan angka Konversi (perubah). Pada tabel I.3. dibawah ini akan diuraikan angka konversi dari satuan British ke satuan System Internasional(SI).

TABEL I.3.FAKTOR KONVERSI

KONVERSI DARI	KE	DIKALI DENGAN
(1)	(2)	(3)
Panjang.		
Feet (ft)	m	0,3048
Inch (in)	mm	25,4
Mile	km	1,609
Luas		
Square inch (sq in)	mm^2	645,2
	m^2	0,000645
Square feet(sq ft)	m^2	0,09290
Acres (are)	ha	0,4047
Volume		
Cubic inchs (cu in)	mm^3	16387
Cubic feet(cu ft)	m^3	0,02832
Quarts (US)	l(liter)	0,9464
Gallon (US)	L	3,785
Massa.		
Pounds (lb)	kg	0,45359
Ton (long)	t(metrikton)	1,016
Gaya		
Pounds gaya (lb)	N (Newton)	4,448
Kilogram gaya(kg)	N	9,807
Tekanan, Tegangan		
Pounds /square inch (psi)	Pa (Pascal)	6895
psi	kPa	6,895
Barometer (bar)	Pa	1 00 000
bar	kPa	100

(1)	(2)	(3)
Kelajuan, Kecepatan		
Feet/detik (ft/s)	m/s	0,3048
Feet/menit (ft/min)	m/s	0,00508
Mile/hour (mile/h)	km/h	1,609
Energi, Kerja.		
British Thermal Unit (BTU) :	J	1055
Daya (Power)		
BTU/h	W(Watt)	0,2931
BTU/s	W	1055
Horsepower (HP)	kW	0,746
Momen puntir dan Bengkok.		
Pounds feet (ft lb)	N m	1,356
kgm	N m	9,807
Percepatan.		
Feet/second^2	m/s^2	0,3048

B A B . I I

RESULTANTE DAN KOMPONEN GAYA

A. Resultante Gaya Pada Bidang Datar.

Yang dimaksud dengan gaya adalah aksi sebuah benda terhadap benda lain. Gaya tersebut ditentukan oleh titik aksinya, besarnya dan arahnya. Titik aksi maksudnya titik tempat bekerjanya gaya (titik asal gaya). Besar gaya ditentukan oleh satuan yang digunakan, sedangkan arah gaya ditentukan oleh garis kerjanya dan ditunjukan dengan tanda panah. Gaya itu sendiri harus digambarkan dengan menggunakan skala ; yaitu perbandingan antara satuan gaya dengan satuan panjang. Sebab satuan gaya yang diukur dengan Newton (N) tidak bisa digambarkan dalam kertas dalam bentuk panjang, maka dari itu kita menggunakan satuan panjang untuk menggambarkan gaya.

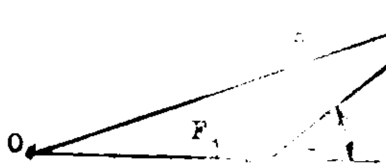
Didalam Fisika kita mengenal 2 macam besaran yaitu ;

1. Besaran skalar, maksudnya adalah besaranan yang tidak mempunyai arah, dan mengikuti penjumlahan ilmu aljabar, misalnya 2 + 4 = 6 , jika hasilnya tidak 6 berarti salah. Besaran fisik yang tidak mempunyai arah adalah ; volume, massa dan energi.
2. Besaran vektor, maksudnya suatu besaran yang mempunyai arah dan mengikuti penjumlahan jajaran genjang. Berarti arah sangat menentukan hsil akhir . Dua buah vektor yang sama besar berlainan arah, belum tentu hasil penjumlahan atau pengurangannya sasama. Besaran fisis yang mengikuti penjumlahan jajaran genjang (besaran yang tergolong besaran vektor) adalah ; gaya, berat, perpindahan kece - patan, percepatan, momen dan lain-lain.

Resultante gaya maksudnya adalah penjumlahan 2 buah gaya atau beberapa buah gaya menjadi satu buah gaya. Untuk meng-

Untuk menghitung Resultante gaya ada 2 cara (system) :

1. System analitis, dinamakan juga analisa matematika, yaitu dengan menggunakan rumus matematika .(perhatikan gambar 2. 1).



Gambar 2.1. Resultante gaya secara analitis.

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2\,F_1\,F_2 \cos \theta} \qquad (2.1)$$

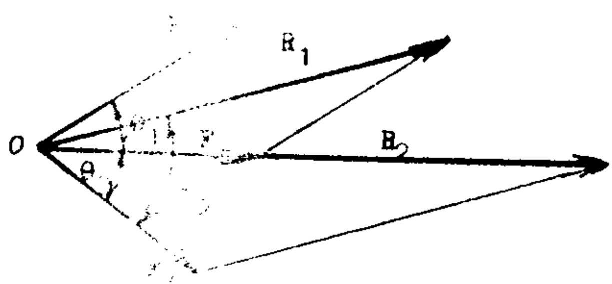
R = Resultante gaya (jumlah kedua gaya)

F_1 = Gaya pertama

F_2 = Gaya kedua

θ = Sudut antara kedua gaya.

Rumus ini tepat digunakan bila gaya bekerja pada satu titik tangkap. Bila terdapat lebih dari 2 buah gaya yang akan dijumlahkan, maka caranya sebagai berikut (perhatikan gambar 2.2.)



Gambar 2.2. Resultante 3 buah gaya secara analitis.

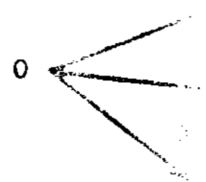
$$R_1 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + \ldots \cos \theta_1} \quad (2.2)$$

$$R_2 = \sqrt{R_1^2 + F_3^2 + \ldots \theta_3} \quad (2.3)$$

Salah satu kele[illegible] ini adalah kita hanya mendapatkan besarnya [illegible] arahnya ditentukan kemudian.

2. **Grafostatika** , [illegible] menghitung Resultante gaya dengan menggunakan [illegible] cara ini, arah Resultantenya serta besar[illegible] didapat. Untuk mendapatkan besarnya, yaitu de[illegible] bentangan R yang didapat kemudian k[illegible] yang dipakai . Cara grafostatika dapat dib[illegible] macam :

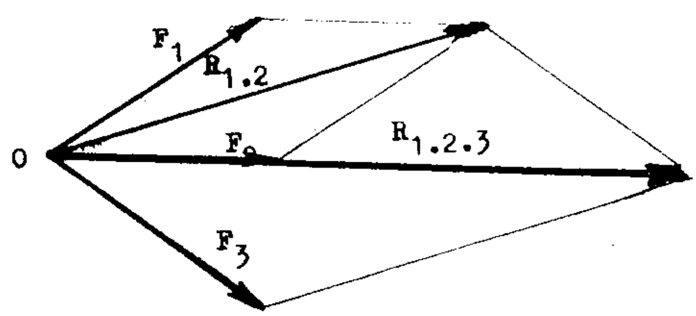
   a. Jajaran [illegible] dengan meletakan gaya yang akan di[illegible] satu titik tangkap O (gambar 2.3a). [illegible] garis sejajar dengan gaya F_2, pada [illegible] F_1, dan tarik pula garis sejajar denga[illegible] ujung gaya F_2, sehingga kedua garis ini [illegible] (berpotongan) pada titik a , (gambar [illegible]nya gambar tersebut akan berbentuk [illegible]. Hubungkan titik O dan a dengan gar[illegible]ang garis Oa adalah besarnya Resultante [illegible] F_2 .



(a)

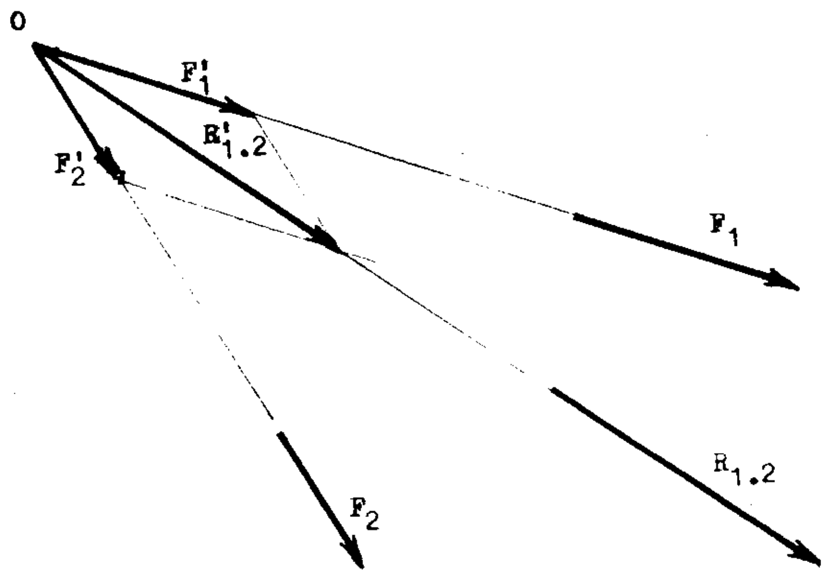
Gambar [illegible]kan Resultante gaya [illegible] jajaran genjang.

Jika lebih dari 2 buah gaya yang bekerja pada pada satu titik tangkap, maka untuk menghitung Resultan - tenya secara jajaran genjang adalah sebagai berikut : Pertama sekali tentukan Resultante(jumlah) gaya F_1 dan F_2 yaitu $R_{1.2}$. Resultante(jumlah) $R_{1.2}$ digabungkan dengan gaya F_3, yang akhirnya didapat Resultante ketiganya yaitu $R_{1.2.3}$(lihat gambar 2.4) .



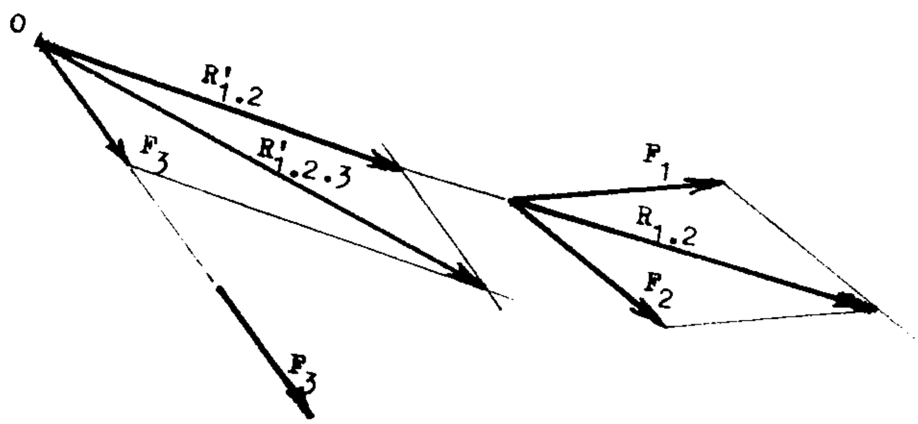
Gambar 2.4. Resultante 3 gaya. yang bekerja pada satu titik tangkap.

Cara diatas dapat digunakan pada gaya-gaya yang be - kerja pada satu titik tangkap, atau gaya-gaya yang - dapat disatu titik tangkapkan. Gaya-gaya yang saling tidak sejajar bisa didatu titik tangkapkan yaitu :dengan memindahkan gaya tersebut kemana saja asal didalam garis kerjanya, misalnya gaya F_1 dan F_2 (gambar 2.5.) yang saling berjauhan letaknya, bisa dipindahkan ke muka (ke belakang) ke mana diperlukan , sehingga garis kerjanya bertemu pada satu titik tangkap, selanjutnya dapat digunakan kaedah jajaran-genjang untuk menghitung besar Resultantenya .



Gambar 2.5. Gaya yang bekerja tidak pada satu titik tangkap.

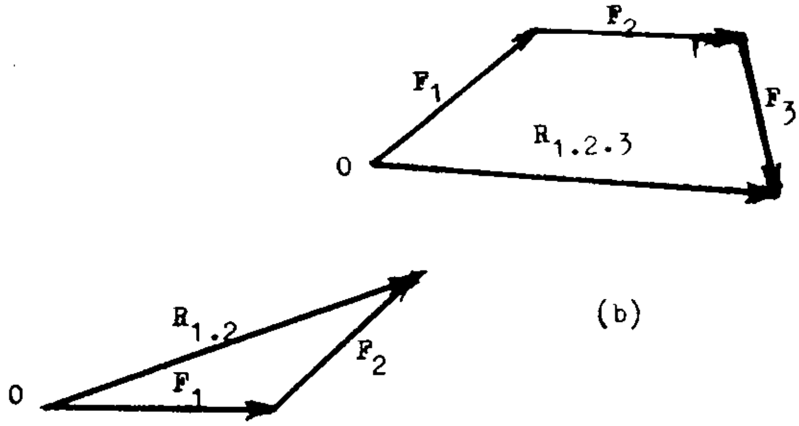
F_3 adalah gaya ketiga (gambar 2.6), yang harus dijumlahkan dengan Resultante gaya F_1 dan F_2, maka kita harus berupaya lagi untuk menyatukan titik tangkapnya, dengan jalan memindahkan $R_{1.2}$ atau F_3 dan mungkin kedua-duanya seperti gambar 2.6.



Gambar 2.6. Resultante gaya Coplanar yang tidak sejajar.

b. **Segi tiga gaya atau segi banyak gaya.**

System segi tiga gaya digunakan untuk 2 buah gaya, sedangkan untuk lebih dari 2 buah gaya digunakan segi banyak gaya. System segi tiga gaya adalah menyusun gaya-gaya yang akan dijumlahkan secara berurutan atau sambung bersambung (F_1 dan F_2). Hubungkanlah titik asal (titik tangkap gaya pertama) dengan titik ujung gaya ke - dua seperti gambar 2.7.



(a)

Gambar 2.7. Resultante gaya dengan system segi tiga gaya.

Sehingga Resultante gaya $R_{1.2.}$ diukur dari gambar dan dikalikan dengan skla yang dipakai. Bila lebih dari 2 buah gaya, maka gaya ke 3 (F_3) disambungkan pada ujung $R_{1.2}$ (ujung F_2), dan sesuaikan dengan arah gayanya (gambar 2.7b). Penyele - saian ini dinamakan segi banyak gaya. Maka Resultante keseluruhannya ($R_{1.2.3.}$) didapat dengan jalan menghubungkan titik pangkal $R_{1.2.}$ (0) dengan ujung gaya F_3. Ukur bentangan R_{12} dan kalikan dengan skala yang dipakai, dengan demikian akan didapat formulasi sebagai berikut :

$$R_{1.2.3.} = R_{1.2} + F_3 \qquad (2.4)$$

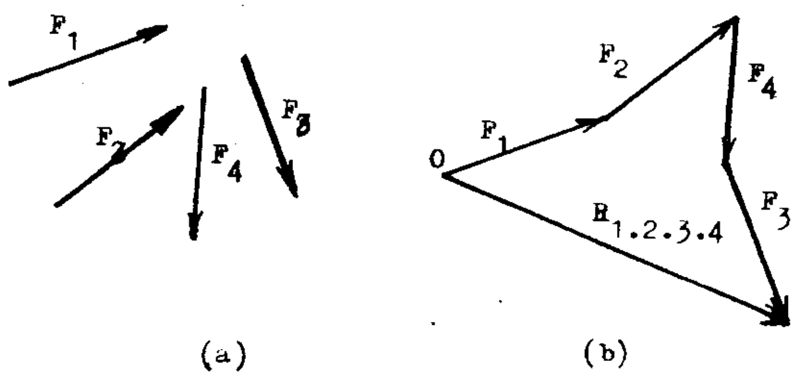
$$R_{1.2.3.} = F_1 + R_{2.3} \qquad (2.5)$$

$$R_{1.2.3} = F_1 + F_2 + F_3 \qquad (2.6)$$

Cara ini sangat tepat digunakan untuk gaya se-bidang (Coplanar).

c. Poligon.

Menurut J. Hannah & M.J. Hiller, (1977 ; 40),Po-ligon maksudnya menyusun semua gaya secara sam - bung bersambung menurut arahnya masing-masing,ke-mudian pindahkan ke daerah penyelesaian, dan ha-rus betul-betul sesuai dengan gaya asalnya. Em-pat buah gaya seperti gambar 2.8a .



Gambar 2.8. Menghitung Resultante gaya Coplanar secara Poligon.

Untuk menghitung Resultante ke 4 gaya tersebut,su-sunlah gaya-gaya tersebut secara sambung bersam-bung (gambar 2.8b). Hubungakan titik pangkal ga-ya pertama dengan ujung gaya terakhir, sehingga besar Resultantenya ($R_{1.2.3.4}$), didapat.

Urutan penyusunan gaya dalam hal ini tidak menjadi persoalan. Seperti soal pada gambar 2.8, urutan gaya tersebut dapat disusun sebagai berikut :

$R_{1.2.3.4} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4.$

$R_{1.2.3.4} = F_2 + F_1 + F_3 + F_4$

$R_{1.2.3.4} = F_3 + F_4 + F_1 + F_2$; dan seterusnya.

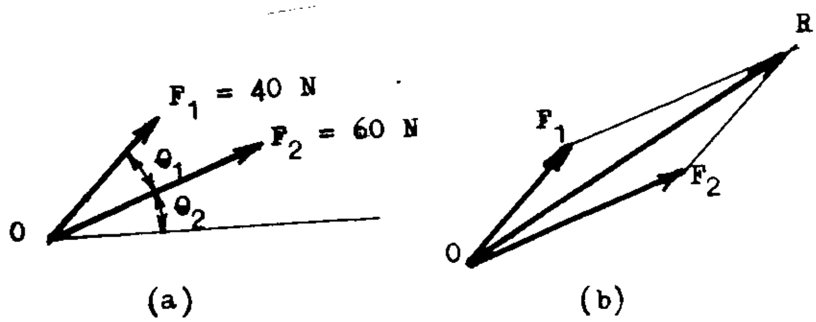
Bentangan Resultante telah didapat , kemudian diukur dan dikalikan dengan skala yang dipakai.

Contoh soal 2.1.

Dua buah gaya F_1 dan F_2, bekerja pada sebuah paku A. Tentukanlah Resultantenya. secara grafis dan analitis, dan sudut .

Jawab :

Penyelesaian secara grafostatika (grafis).



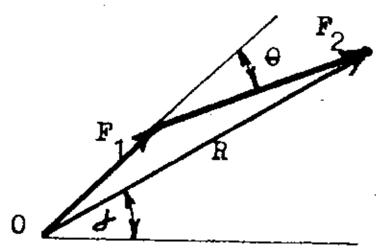
Gambar 2.8A Perhitungan Resultante secara grafis.

Didapat R = 98 N. dan $\alpha = 35^o$.

Jika diselesaikan dengan menggunakan hukum segi tiga gaya,,yaitu dengan cara menghubungkan ujung-gaya pertama dengan pangkal gaya ke 2, kemudian besar Resultantenya didapat :

$$R = 98\ N,\ \alpha = 35^{o}.$$

Penyelesaian secara analitis :



Gambar 2.9. Perhitungan Resultante secara analitis.

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2\ F_1\ F_2\ \cos\ \theta}$$

$$= \sqrt{40^2 + 60^2 + 2.40.60\ \cos\ 25^{o}}$$

R = 97,7 N atau R = 98 N

Sekarang gunakan dalil sinus, dan didpata sudut A

$$\frac{\sin A}{F_2} = \frac{\sin B}{R}$$

$$\frac{\sin\ A}{60} = \frac{\sin\ 155^{o}}{97,7}$$

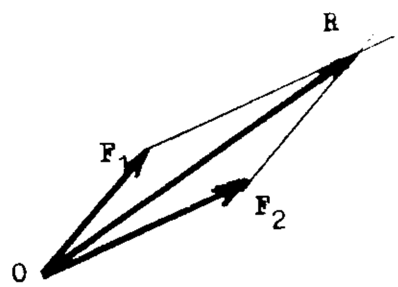
$A = 15^{o}$. Sudut $\alpha = 20^{o} + A = 20^{o} + 15^{o} = 35^{o}$.

Contoh soal 2.2.

Dari soal 2.1. Hitunglah Resultante gayanya Jajaran genjang.

Jawab :

Penyelesaian dengan jajaran genjang.



Gambar 2.10. Perhitungan Resultante dengan jajaran genjang .

Dari gambar didapat R = 98 N.

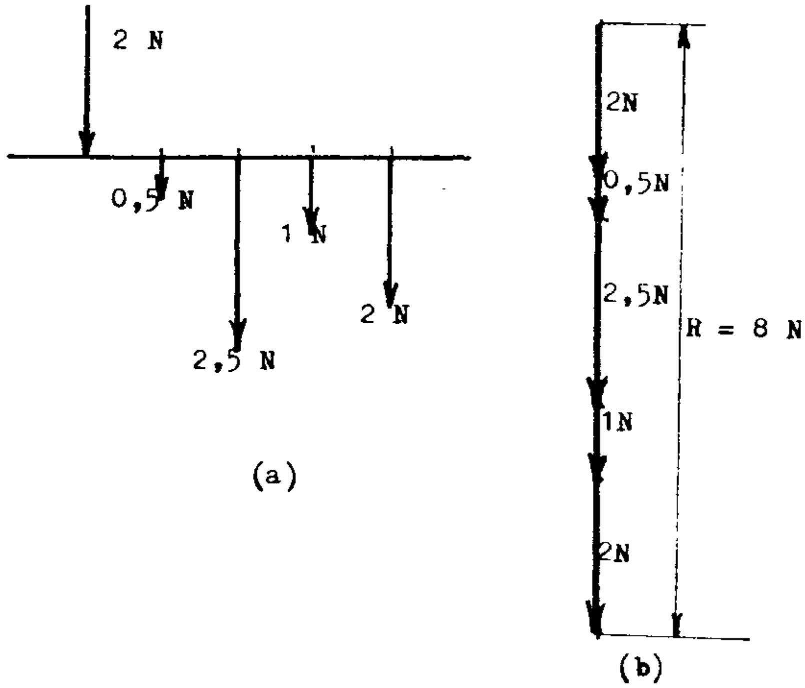
Contoh soal 2.3.

Limabuah gaya bekerja pada batang AB seperti tergambar, Hitunglah besar Resultantenya secara Poligon.

Jawab :

Penyelesaian secara Poligon.

Perhatikan gambar 2.11.



Gambar 2.11. Perhitungan Resultante
Gaya sejajar dengan Poligon.

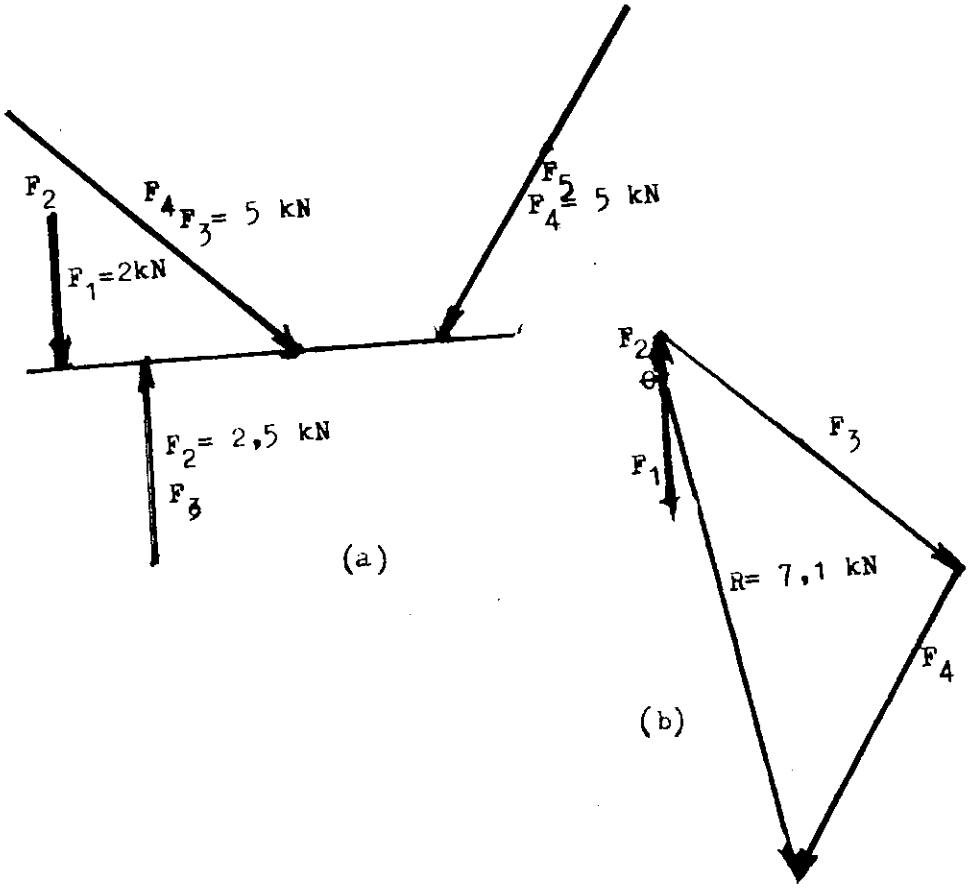
Contoh soal 2.4.

Empat buah gaya bekerja tidak sejajar seperti tergambar. Tentukanlah besar Resultante gaya-gaya tersebut secara Poligon.

Jawab :

Penyelesaian secara Poligon.

Perhatikan gambar 2.12.

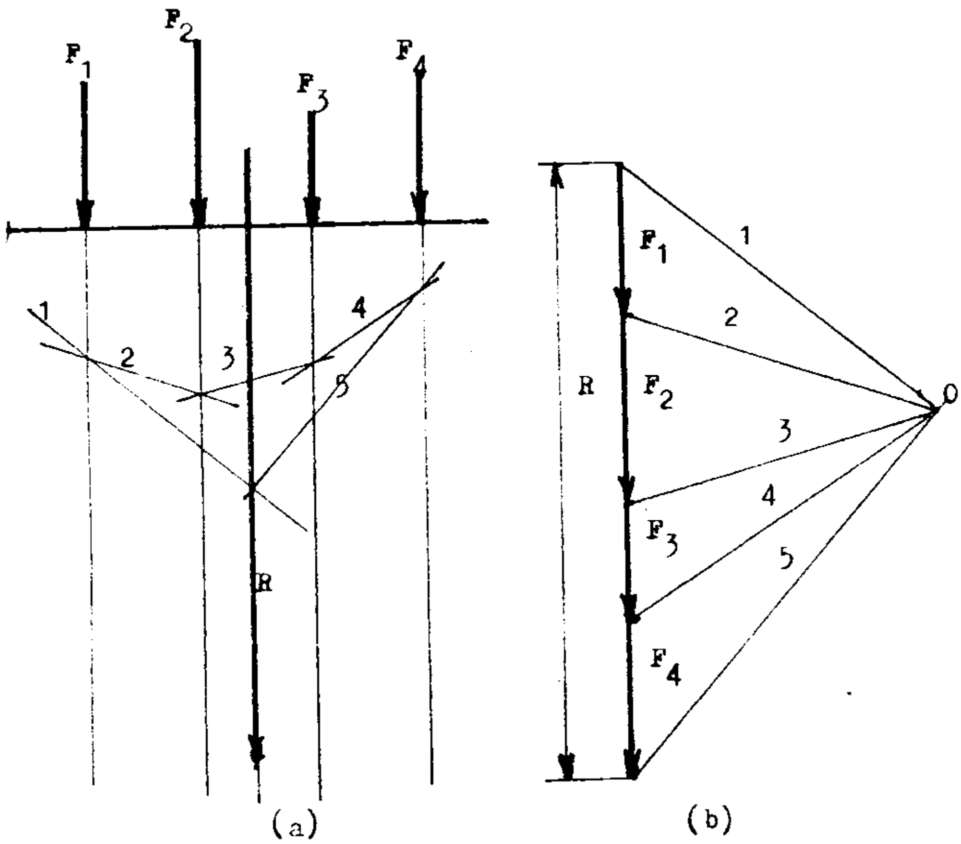


Gambar.2.12. Perhitungan Resultante gaya tidak sejajar dengan Polygon.

Baik cara anlitis, maupun grafis(jajaran genjang, segi tiga gaya , poligon), yang telah diuraikan diatas , kita hanya menentukan besar dan arahnya saja . Tempat dimana posisi (letak) Resultante itu bekerja [illegible] pernah ditentukan. Kalau gayanya hanya 2 buah saja tidaklah menjadi masaalah yang rumit. Karena titik tangkapnya adalah titik perpotongan kedua garis kerja gaya tersebut dan sekali gus tempat bekerjanya Resultante kedua gaya .

Sekelompok gaya heterogen yang jumlahnya lebih dari 2 buah gaya, ada diantaranya yang sejajar, ada pula yang tidak sejajar, maka tidak semudah itu menentukan letak (posisi) Resultantenya, untuk [illegible] --

berikut ini, dan perhatikan gambar 2.13.



Gambar 2.13. Menentukan Resultante dan posisi Resultante gaya-gaya sejajar secara poligon.

Langkah kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Susunlah gaya-gaya tersebut, dengan jalan memindahkan gaya, ke mana disukai, sehingga dia terletak pada satu bidang datar (gambar 2.13a). Lukis garis kerjanya da gunakan skala gaya yang tepat.
2. Susunlah gaya-gaya tersebut dengan berurutan dari kiri kekanan, secara sambung bersambung pada tempat lain, dengan mengikuti arah masing-masing gaya (gambar 2.13b).
3. Ambil sebuah titik pusat O, disembarang tempat, kecu-

ali pada garis kerja gaya.

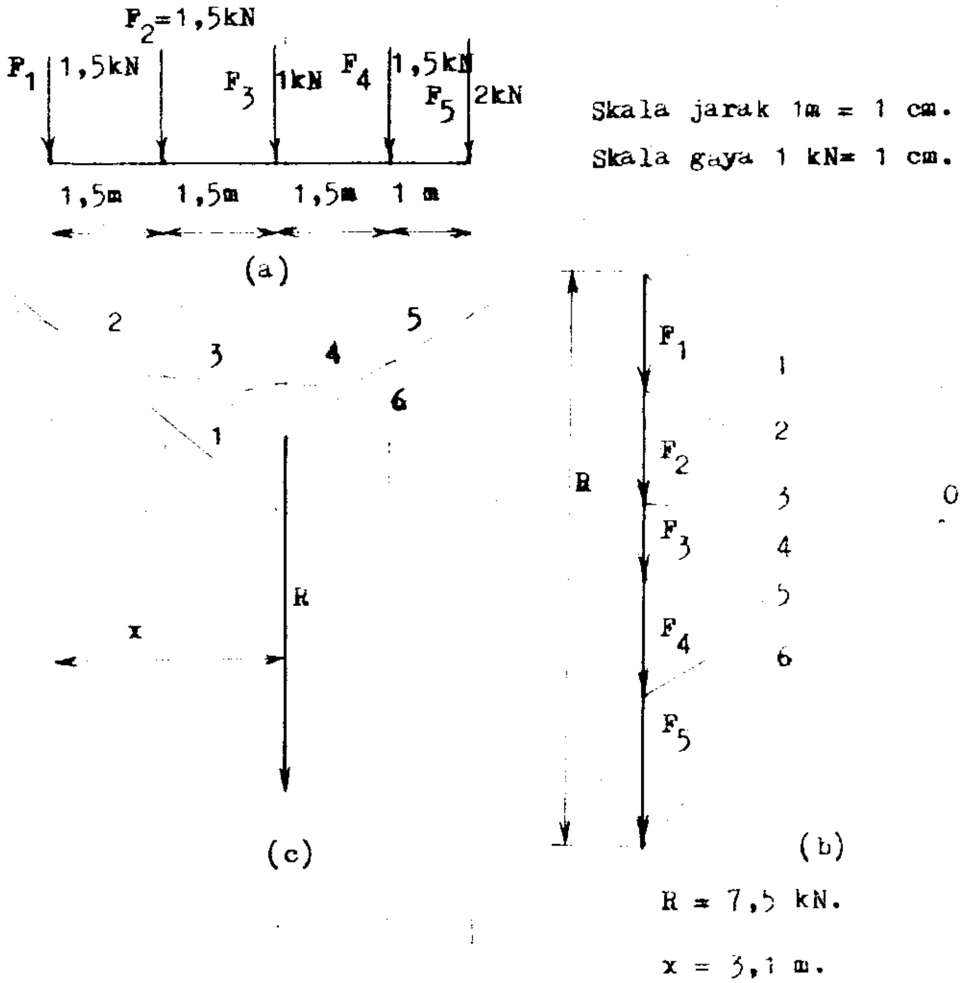
4. Hubungkan ujung pangkal seluruh gaya dengan titik 0, menggunakan garis lurus, yang dinamakan garis poligon, yang dinamakan garis poligon , dan beri nomor urut.
5. Panjang Resultante gaya-gaya tersebut adalah dari titik pangkal F_1 ke ujung F_4. Ukur bentangan F . kemudian kalikan dengan skala yang dipakai, sehingga didapat Resultante yang sesungguhnya.
6. Lukis garis sejajar dengan poligon 1, yang memotong garis kerjaF_1, dan lukis garis sejajar dengan poligon2 melalui titik perpotongan poligon 1 dan garis kerja F_1 pada gambar 2.13a, seterusnya lukis garis sejajar poligon 3, pada titik potong poligon 2 dan garis kerja F_2 , lukis garis sejajar dengan poligon 4 pada titik potong poligon 3 dan garis kerja gaya F_3 . Lukis garis sejajar dengan poligon 5 pada titik potong poli- 4 dan garis kerja gaya F_4.
7. Dalam gambar 2.13b, gaya F_1 diapit oleh poligon 1 dan 2, gaya F_2 diapit oleh poligon 2 dan 3, gaya F_3 diapit oleh poligon 3 dan 4, gaya F_4 diapit oleh poligon 4 dan 5. Tentu Resultante diapit oleh poligon 1 dan 5, maka garis kerja Resultante adalah pada perpotongan poligon 1 dan 5.
8. Ukur jarak garis kerja Resultante ke titik ujung kiri , atau titik paling kanan. Jarak tersebut merupakan posisi ke kiri atau posisi ke kanan.

Contoh soal 2.5.

Tentukanlah besar Resultante, serta jaraknya dari kiri dari gambar dibawah ini, secara poligon.

Jawab :

Menentukan Resultante dan posisinya secara poligon.



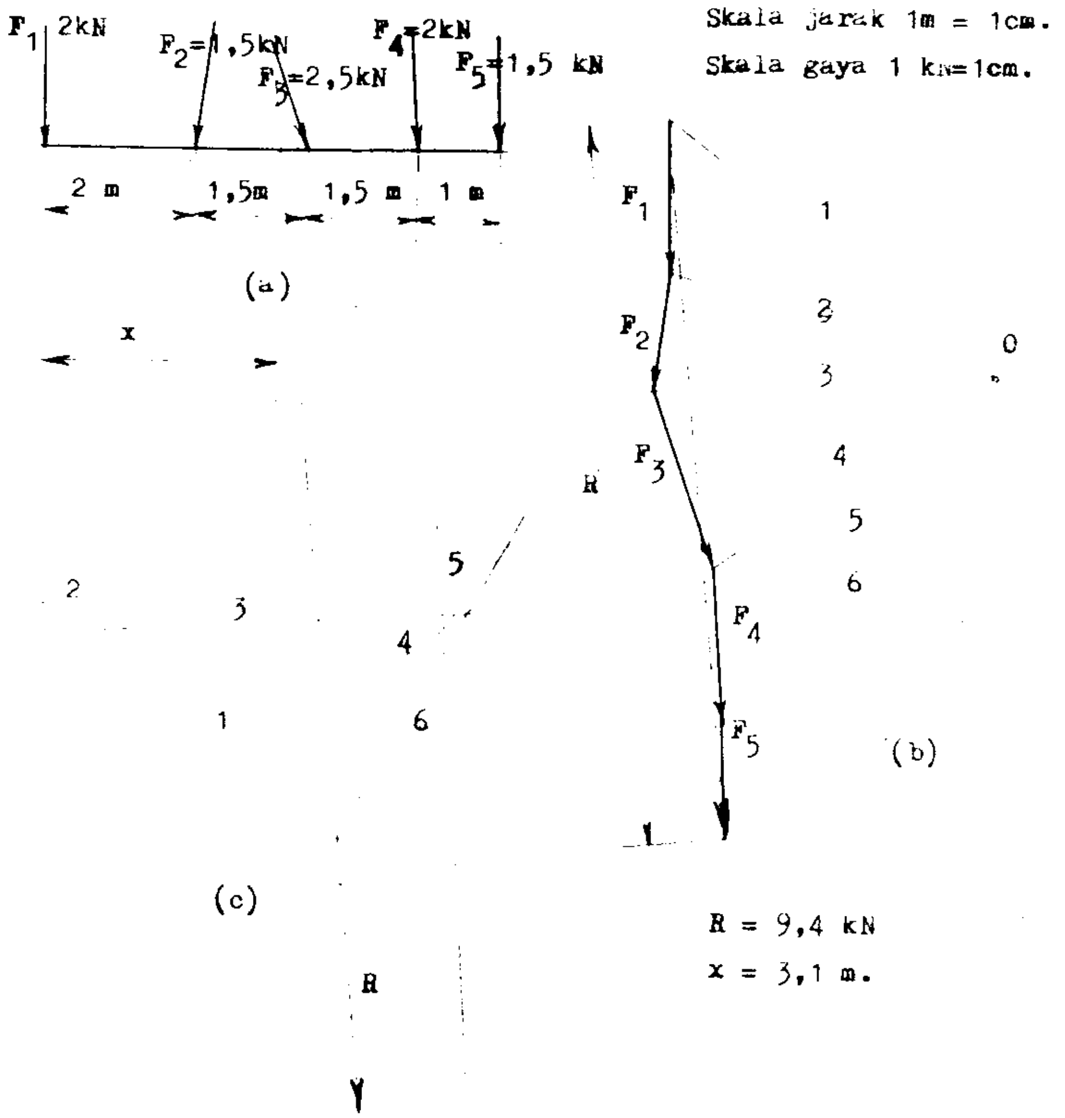
Gambar 2.14. Resultante dan posisinya untuk gaya sejajar.

Contoh soal 2.6.

Tentukanlah Resultantenya dari beberapa buah gaya yang tidak sejajar berikut ini. Tentukan juga jaraknya dari ujung kiri.

Jawab :

Menetukan Resultante dan posisi secara poligon.



Gambar 2.15. Resultante dan posisi gaya-gaya tidak sejajar.

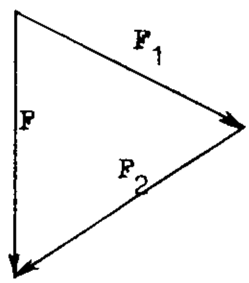
B. Komponen Gaya Pada Bidang Datar (Koplanar).

Komponen gaya adalah uraian sebuah gaya menjadi dua buah gaya atau lebih. Penguraian gaya tersebut dapat dilaku - kan dengan 2 cara yaitu :

1. Cara grafostatika (grafis).

Cara grafis menggunakan gambar, seningga hasilnya didapat dari gambar. Cara grafis dapat dibagi atas 2 bagaian yaitu :

a. Segi tiga gaya: Cara ini tepat digunakan, apabila sa - lah satu dari 2 komponen diketahui seperti gambar 2.16 .



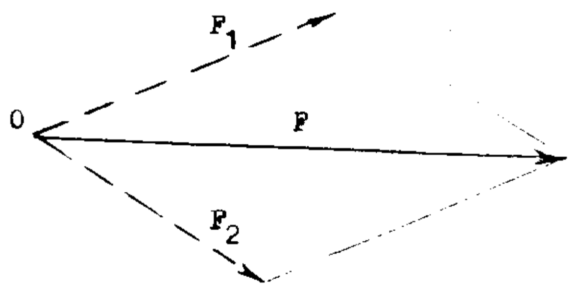
F = gaya yang akan diuraikan.

F_1= komponen gaya.pertama.

F_2= komponen gaya kedua.

Gambar 2.16. Komponen gaya dengan sistem segi tiga gaya.

b. Jajaran genjang: System ini tepat digunakan, bila ga- ris aksi setiap komponen diketahui. Besar dan arah komponen ditentukan dengan menggambarkan garis mela- lui ujung gaya F sejajar dengan garis kerja ga- ya yang diketahui yang lain, sehingga bangunnya ber- bentuk jajaran genjang seperti gambar 2.17.



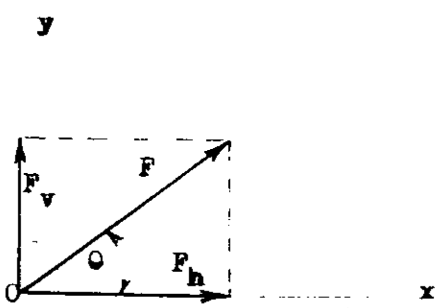
F_1 dan F_2 = komponen gaya.

F = gaya yang diuraikan.

Gambar 2.17. Komponen gaya dengan system jajaran genjang.

2. Cara analitis.

Cara analitis menggunakan operasi rumus sinus atau cosinus. Yang didapat dengan rumus ini adalah besar gayanya saja, sedangkan arahnya didapat dengan gambar sketnya yang dilukis sesudah perhitungan analitis. Rumus ini [illegible] digunakan untuk menentukan komponen tegak lurus . Dalam banyak persoalan menguraikan gaya dengan system ini akan mempermudah penyelesaian. Perhatikan gambar 2.18.



Gambar 2.18. Komponen gaya dengan cara analitis.

Pada gambar 2.18 gaya F diuraikan menjadi komponen F_v dan F_h. F_v adalah komponen vertikal yang sejajar dengan sumbu x, dan F_h adalah komponen horizontal yang sejajar dengan sumbu x. Fv dan Fh diuraikan pada sumbu sumbu bujur sangkar x dan y. Berarti gaya F yang bekerja miring pada titik O, akan ada sebesar F_h yang sejajar sumbu x dan sebesar F_v sejajar sumbu y pada titik O. Penjumlah - an kedua gaya F_v dan F_h mempunyai effek yang sama dengan gaya F pada titik O. θ adalah sudut miring gaya F terhadap garis horizontal. Harga komponen gaya tersebut dapat ditentukan sebagai berikut :

$$F_h = F \cdot \cos \theta \qquad (2.7)$$

$$F_v = F \cdot \sin \theta \qquad (2.8)$$

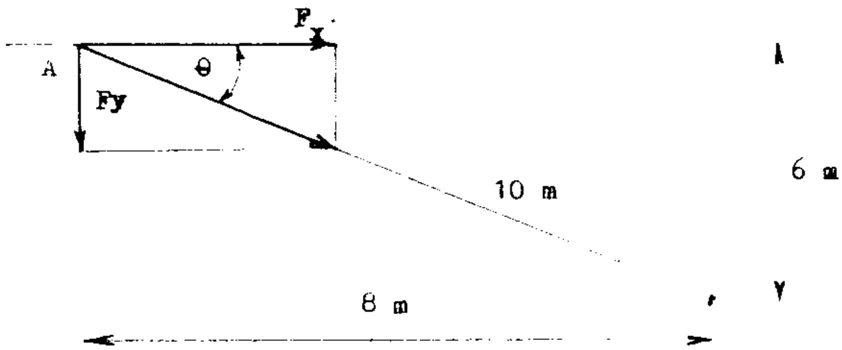
Harga mutlak dari F_h dan F_v disebut komponen skalar dari F sedangkan gaya F_h dan F_v disebut komponen vektor dari F . Tetapi bila tidak ada kemungkinan kekeliruan pengertian antara komponen vektor dan komponen skalar, maka komponen tersebut dinamakan komponen gaya F.

Kita ketahui bila sudut diukur searah dengan jarumjam dari sumbu x positif akan mempunyai harga dari 0^o sampai 360^o. Dari persamaan (2.7) dan (2.8), bahwa komponen skalar F_h dan F_v dapat mempunyai harga positif (+) dan negatif (-). F_h akan berharga positif , bila F berada dikwadran pertama atau keempat, dan negatif bila berada di kwadran kedua dan ketiga. Fv juga akan positif harganya bila F berada di kwadran pertama atau kedua, dan berharga negatif bila F berada di kkwadran ketiga dan keempat.

Dapat disimpulkan bahwa komponen-komponen skalar F_h akan positif, bila komponen vektor F_h arah sama dengan sumbu x positif, dan akan negatif bila komponen vektor F_h, mempunyai arah sama dengan sumbu x negatif (berlawanan) dengan sumbu x positif. Demikian (komponen) Fv juga akan bertanda positif, bila komponen-vektor F_v mempunyai arah yang sama dengan sumbu y positif, dan akan negatif bila arahnya sama dengan sumbu y negatif.

Contoh soal 2.7.

Seorang anak laki-laki menarik seutas tali yang di ikatkan pada loteng di titik A. Gaya tarik anak itu 600 N. Seperti tergambar. Berapakah komponen vertikal dan horizontal yang bekerja pada titik A, jika panjang tali tersebut 10 m.



Gambar 2.19 . Komponen vertikal dan horizontal.

Jawab :

$$\text{Cos } \theta = \frac{8}{AB} = \frac{4}{5}$$

$$\text{Sin } \theta = \frac{6}{AB} = \frac{3}{5}$$

F_h = 600 cos θ

$= 600. \frac{4}{5} = 480$ N

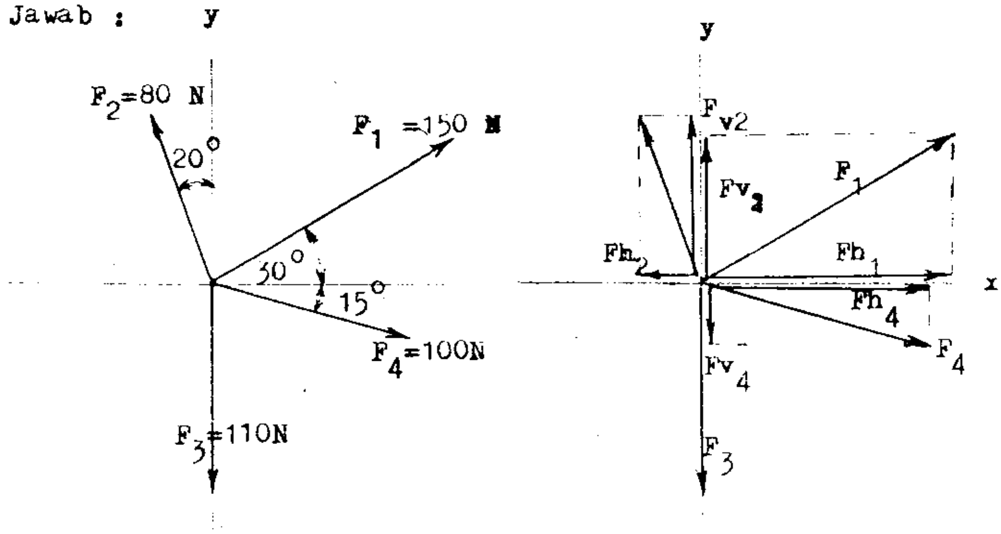
$F_v = -600. \sin \theta$

$F_v = -600. \frac{3}{5} = -320$ N.

Contoh soal 2 8.

Empat buah gaya yang bekerja pada titik A, seperti tergambar. Tentukanlah Resultante gaya yang bekerja pada titik A. Tentukan juga Resultante vertikal dan horizontal

Jawab :



(a) (b)

Gambar 2.20. Resultante vertikal dan horizontal.

Langkah pertama yang harus dikerjakan adalah, lukis diagram free bodi (gambar 2.20b), kemudian uraikan semua gaya miring atas komponen vertikal dan horizontal, dengan menggunakan rumus (2.7) dan (2.8). Tabulasikan hasilnya ke dalam tabel II.1 di bawah ini.

$Fv_1 = F_1 .\ \sin 30 = 150.\ \sin 30 = 75$ N.

$Fv_2 = F_2 .\ \cos 20 = 80.\ \cos 20 = 75{,}2$ N.

$Fv_3 = - 110$ N

$Fv_4 = - F_4 \cdot \sin 15^{\circ} = - 100. \sin 15^{\circ} = - 25{,}9$ N.

$Fh_1 = F_1 \cdot \cos 30 = 150. \cos 30 = 129{,}9$ N.

$Fh_2 = - F_2 \cdot \sin 20 = - 80. \sin 20 = - 27{,}4$ N.

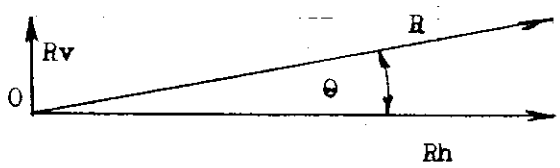
$F_{h3} = 0.$

$Fh_4 = F_4 \cdot \cos 15^{\circ} = 100 \cdot \cos 15^{\circ} = 96{,}6$ N

TABEL II.1. KOMPONEN RESULTANTE.

Gaya	Besar Gaya (N)	Komponen Horizontal(N)	Komponen Vertikal (N)
F_1	150	129,9	75
F_2	80	-27,4	75,2
F_3	110	0	-110
F_4	100	96,6	-25,9
		Rh = 199,1	Rv = 14,3

Besar dan arah Resultante tersebut dapat ditentukan dari tabel II. 1, perhatikan gambar 2.21.



Gambar 2.21. Besar dan arah Resultante dan komponennya.

Besar sudut miringnya terhadap garis horizontal dapat di-tentukan sebagai berikut :

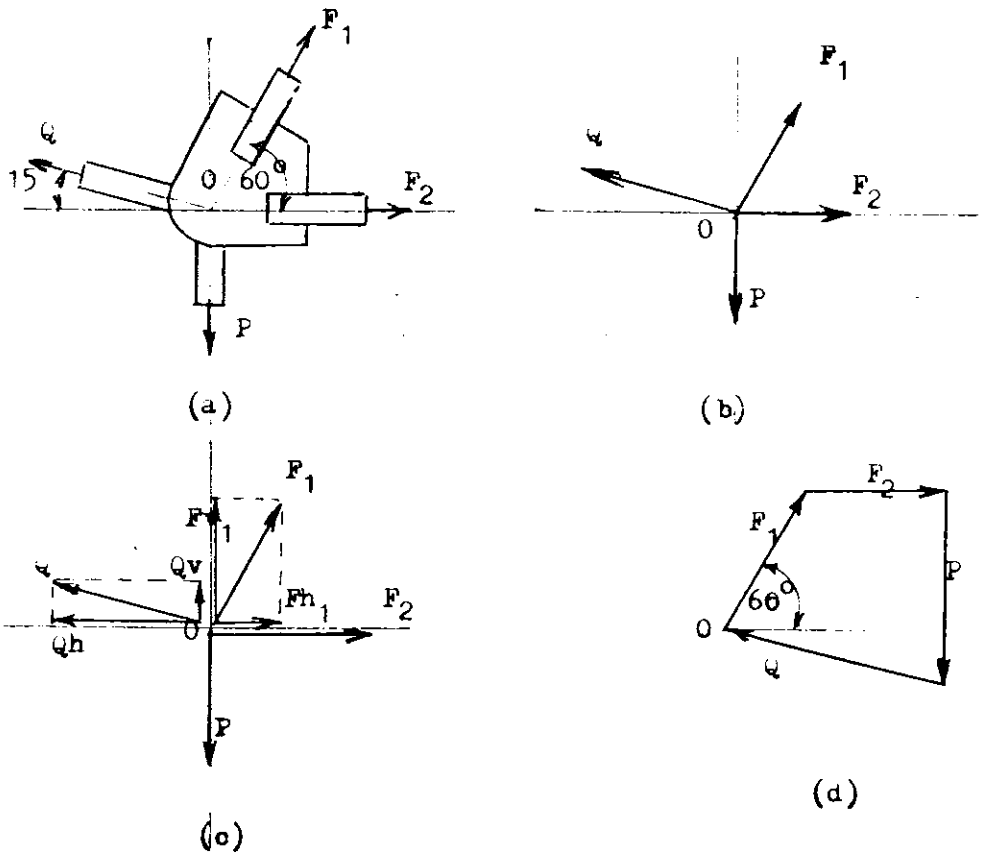
$$tg\ \theta = \frac{Rv}{Rh} = \frac{14,3}{199,1}\ ;\ \text{maka}\quad \theta = 4,1^{\circ}.$$

Maka Resultante total adalah :

$$R = \frac{14,3}{\sin\theta} = 199,6\ N.$$

Contoh soal 2.9 :

Dua buah gaya P dan Q yang besar masin-masing P = 1000 kN, dan Q = 1200 kN, beraksi pada suatu titik seperti gambar 2.22.Konstruksi tersebut dalam keadaan setimbang, berapakah besarnya gaya F_1 dan F_2.



Gambar 2.22.Menentukan harga 2 buah gaya dari 4 buah gaya yang bekerja pada satu titik.

Jawab :

Bagian-bagian benda tersebut dianggap sebagai suatu partikel dan diperlakukan sebagai benda bebas (gambar [illegible]. [illegible]. Setiap gaya diuraikan menjadi komponen vertikal dan horizontal.

$Ph = 0$	$Pv = -1000$ kN
$Qh = -1200 . \cos 15^{0}$	$Qv = 1200 . \sin 15$
$= -1159$ kN.	$= 311$ kN
$F_{h2} = F_2$	$F_{v2} = 0$
$F_{h1} = F_1 . \cos 60$	$Fv_1 = F_1 . \sin 60$
$= 0,5\ F_1$	$= 0,866\ F_1$.

Gunakan Kaedah kesetimbangan.

$\sum F_h = 0.$

$$-1159 + F_2 + 0,5\ F_1 = 0$$

$\sum F_v = 0$

$$-1000 + 311 + 0,866\ F_1 = 0.$$

[illegible] kedua persamaan , maka didapat harga

$F_1 = 796$ kN

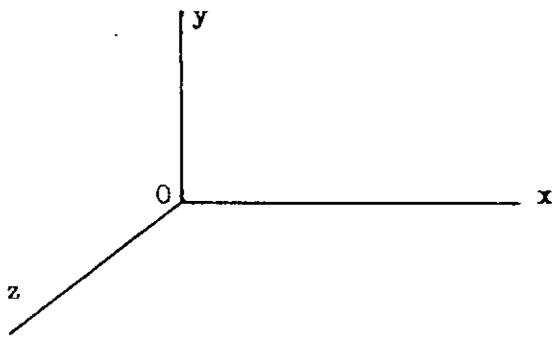
$F_2 = 761$ kN.

Lukisannya seperti gambar 2.22d.

C. Komponen Cartesian Sebuah Gaya Dalam Ruang.

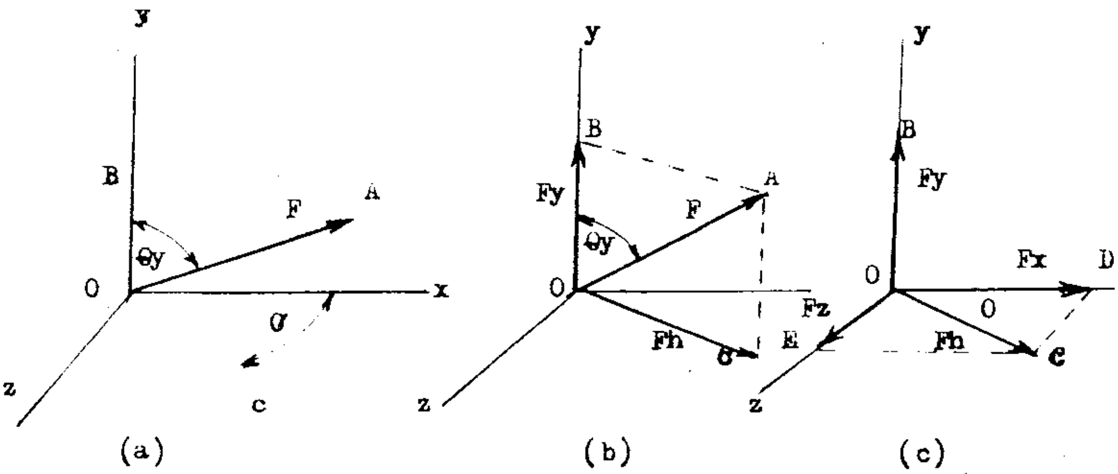
Komponen Cartesian adalah komponen gaya yang saling tegak lurus(antara komponen yang satu dengan yang lainnya mempunyai sudut 90^{0}).

Pada ruang kita mengenal 3 sumbu yaitu : x,y dan z . Letak ketiga sumbu tersebut dapat dilihat pada gambar 2.23.Jadi komponen x dan y disebut komponen Cartesian. Tentu sebuah gaya dapat diuraikan menjadi 3 komponen x,y dan z.



Gambar 2.23. Sumbu Cartesian.

Perhatikan gambar gambar 2.24. gaya F yang bekerja pada titik asal 0 dari suatu system koordinat Cartesian x, y,z .



Gambar 2.24. Komponen Cartesian.

Untuk menunjukan arah sebuah gaya F, di gambarkan sebuah bidang BAC yang mengandung F (gambar 2.24a). Bidang ini melalui garis vertikal sumbu y. Orientasinya di gambarkan dengan sudut θ, yang dibentuk oleh bidang tersebut dengan bidang x,y. Sedang arah F pada bidang ditunjukan dengan sudut θy yaitu; sudut antara gaya F dengan sumbu y.

Gaya F dapat diuraikan menjadi komponen vertikal Fy dan komponen horizontal Fh (gambar 2.24b) , yaitu :

$$Fy = F \cdot \cos \theta y \qquad (2.9)$$

$$Fh = F \cdot \sin \theta y \qquad (2.10)$$

Komponen Fh terletak pada bidang x-z , kemudian Fh dapat diuraikan lagi menjadi komponen Fx dan Fz sepanjang sumbu xdan z, (gambar 2.24c), sehingga didapat komponen skalar sebagai berikut :

$$Fx = Fh \cos \phi = F \sin \theta y \cos \phi \qquad (2,11)$$

$$Fz = Fh \sin \phi = F \sin \theta y \sin \phi \qquad (2.12)$$

Jadi gaya F telah terurai menjadi 3 komponen vektor cartesian Fx,Fy dan Fz, yang arahnya sesuai dengan arah ketiga sumbu koordinat. Aplikasikan teorema Phitagiras pada segi tiga OAB dan OCD didapat :

$$F^2 = R^2 = OA^2 = OB^2 + BA^2 = Fy^2 + Fh^2 \qquad (2.13)$$

$$Fh^2 = OC^2 = OD^2 + DC^2 = Fx^2 + Fz^2 \qquad (2.14)$$

Substitusikan harga persamaan (2.14) ke persamaan (2.13) didapat :

$$F^2 = Fx^2 + Fy^2 + Fz^2 \qquad (2.15)$$

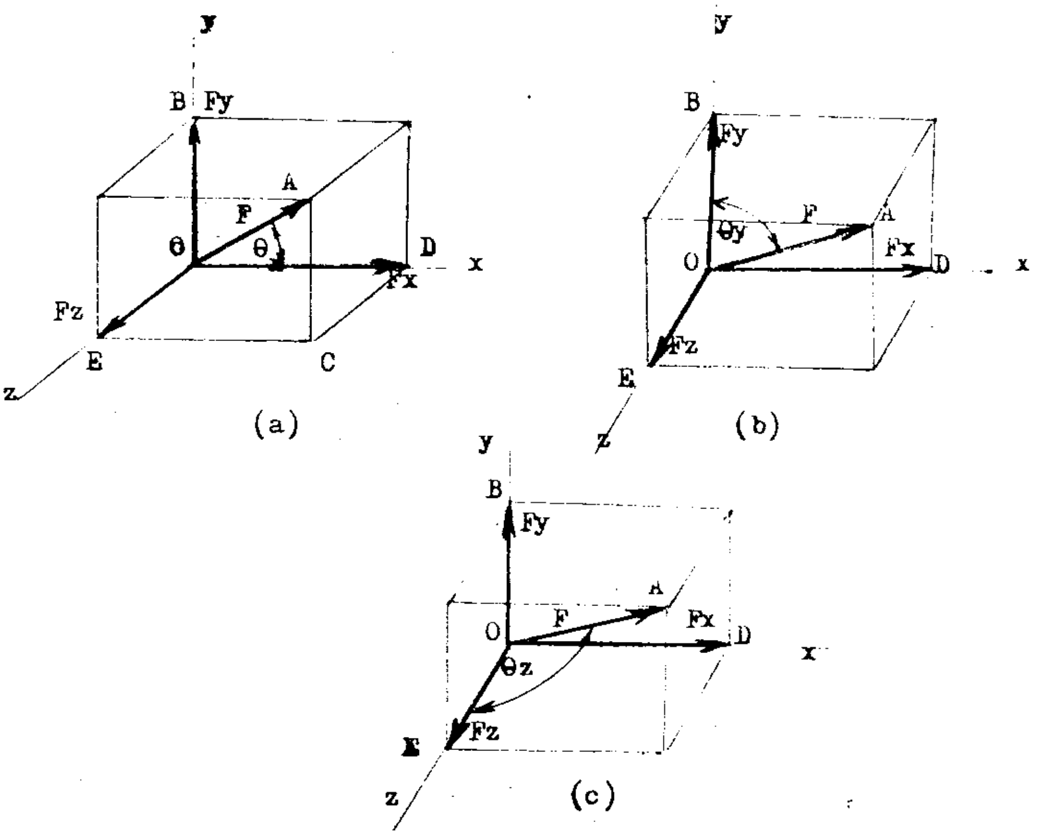
atau

$$F = \sqrt{Fx^2 + Fy^2 + Fz^2}$$

Persamaan (2.15) menunjukan hubungan antara gaya F dengan komponen skalar cartesiannya.

Hubungan gaya F dengan ketiga kpmponennya Fx,Fy dan Fz lebih mudah dibayangkan, jika kotak berisi Fx,Fy dan Fz digambarkan seperti gambar 2.25. Gambar 2.25 , menggambarkan rumus-rumus :

$$\left.\begin{aligned} Fx &= F \cos \theta x \\ Fy &= F \cos \theta y \\ Fz &= F \cos \theta z \end{aligned}\right\} \qquad (2.16)$$



Gambar 2.25. Proyeksi komponen cartesian.

Seperti halnya kasus 2 dymensi bahwa tanda positif mempunyai arah sama dengan arah sumbu yang bersangkutan, sedangkan tanda negatif mempunyai arah berlawanan dengan sumbu tersebut . Pada gaya yang diuraikan atas 3 komp onen ini juga berlaku kaedah tanda seperti di atas,

Sudut yang dibentuk oleh gaya F dengan sumbu harus diukur dari sisi positif sumbu itu dan selalu mempunyai besar dari 0° sampai 180°. Sudut θ_x yang lebih kecil dari 90°(lancip), menunjukan bahwa F (yang dianggap bertitik pangkal di O), berada pada sisi yang sama pada bidang xy dengan sumbu x positif . Cos θ_x dan Fx akan berharga positif. Sudut θ_x yang lebih besar dari 90°(tumpul) , akan menunjukan bahwa F berada pada sisi lain dari bidang yz. Harga Cos θ_x dan Fx akan menjadi negatif.

Harga ketiga sudut θ_x, θ_y dan θ_z tidak bebas , jika disubstitusikan harga Fx,Fy dan Fz dari persamaan (2.16) ke persamaan (2.15), kita dapat hubungan sebagai berikut :

$$F^2 = Fx^2 + Fy^2 + Fz^2$$
$$= F^2 \cos^2 \theta x + F^2 \cos^2 \theta y + F^2 \cos^2 \theta z ,$$

dengan demikian didapat :

$$\cos^2 \theta x + \cos^2 \theta y + \cos^2 \theta z = 1 \qquad (2.17)$$

Hubungan ketiga komponen gaya didapat sebagai berikut :

$$F = \frac{Fx}{\cos \theta x} \quad ; \quad F = \frac{Fy}{\cos \theta y} \quad ; \quad F = \frac{Fz}{\cos \theta z}$$

Jadi

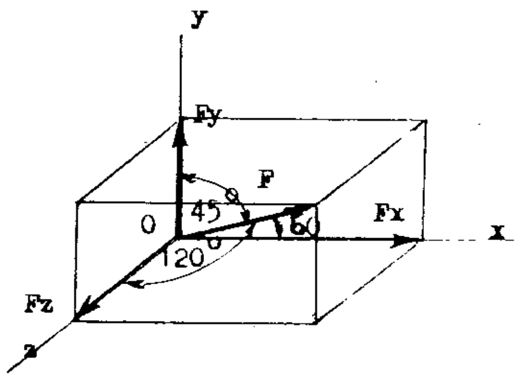
$$F = \frac{Fx}{\cos \theta x} = \frac{Fy}{\cos \theta y} = \frac{Fz}{\cos \theta z} \qquad (2.18)$$

atau

$$\frac{1}{F} = \frac{\cos \theta x}{Fx} = \frac{\cos \theta y}{Fy} = \frac{\cos \theta z}{Fz} \qquad (2.19)$$

Contoh soal 2.10.

Gaya sebesar 500 N membentuk sudut 60°,45° dan 120°,berturut-turut dengan sumbu x,y,z, seperti gambar 2.26. Tentukanlah komponen Fx,Fy dan Fz.



Gambar 2.26. Perhitungan komponen cartesian.

Jawab :

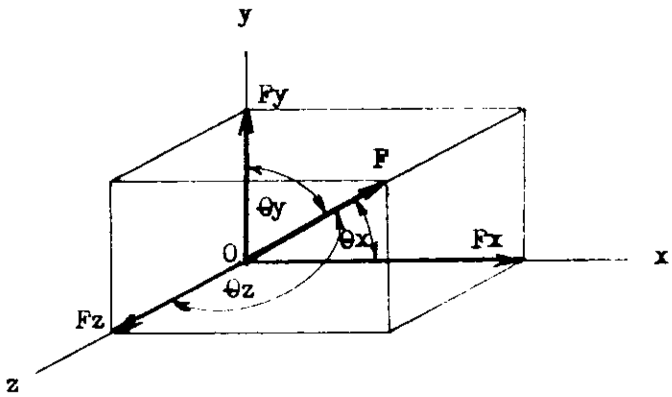
$Fx = 500.\ \cos 60 = 250\ N$

$Fy = 500.\ \cos 45 = 354\ N$

$Fz = 500.\ \cos 120 = -\ 250\ N.$

Contoh soal 2.11.

Sebuah gaya mempunyai komponen $Fx = 20\ N$, $Fy = -30\ N$, dan $Fz = 60\ N$. Tentukanlah basar F dan sudut θx, θy dan, θz, yang dibentuk oleh sumbu koordinat.



Gambar 2.27. Perhitungan gaya dan sudut.

Jawab :

$$F = \sqrt{Fx^2 + Fy^2 + Fz^2}$$

$$= \sqrt{20^2 + (-30)^2 + 60^2}$$

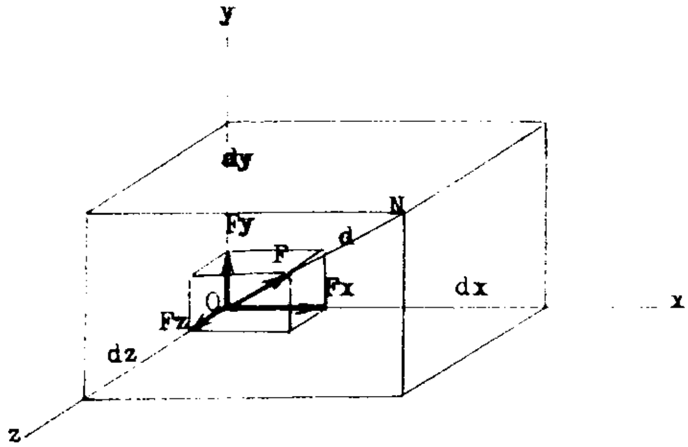
$F = 70\ N.$

$$\text{Cos } \theta x = \frac{Fx}{F} = \frac{20}{70}\ ;\ \cos \theta y = \frac{-30}{70}\ ;\ \cos \theta z = \frac{60}{70}$$

$\theta x = 73{,}4^o$ $\qquad \theta y = 115{,}4^o$ $\qquad \theta z = 31^o.$

Metode lain untuk menyatakan arah gaya F, yang bekerja pada titik asal 0, dari suatu system koordinat ialah dengan memberi spesipikasi titik yang dilalui oleh garis aksi gaya

F seperti gambar 2.28.



Gambar 2.28. Spesifikasi gaya.

Melalui titik N kita dapat menarik garis sejajar dengan koordinat, sehingga terbentuk suatu kotak, dengan sisi berturut - turut sebagai berikut : dx, dy dan dz, yang memberi komponen vektor yang menghubungkan O ke N, dalam arah sejajar dengan sumbu koordinat. Vektor ini diberi nama ON. Dalam hal ini O adalah titik asal system koordinat, sedangkan titik N merupakan koordinat titik N. Sudut yang dibentuk Oleh ON dengan sumbu koordinat ialah θx, θy, θz. Jarak antara titik O ke N adalah d , dengan demikian didapat hubungan :

$$\left.\begin{aligned} dx &= d\cos\theta x \\ dy &= d\cos\theta y \\ dz &= d\cos\theta z \end{aligned}\right) ,\qquad (220)$$

Menurut E. Russel Johnston Jr, (1976 ; 42) , didapat hubungan ;

$$d = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2} \,. \qquad (2.21)$$

Bila kita bagi suku demi suku akan didapat hubungan sebagai berikut :

$$\cos\theta x = \frac{Fx}{F} \qquad (\text{ dari rumus } 2.16)$$

$$\cos\theta x = \frac{dx}{d} \qquad (\text{ dari rumus } 2.20)$$

$$\cos \theta x = \frac{Fx}{F} = \frac{dx}{d}$$

$$= \frac{Fx}{dx} = \frac{F}{d} \qquad (2.22)$$

analog didapat :

$$\cos \theta y = \frac{Fy}{dy} = \frac{F}{d} \qquad (2.23)$$

$$\cos \theta z = \frac{Fz}{dz} = \frac{F}{d}, \qquad (2.24)$$

dan akhirnya didapat hubungan sebagai berikut :

$$\frac{Fx}{dx} = \frac{Fy}{dy} = \frac{Fz}{dz} = \frac{F}{d} \qquad (2.25)$$

Maka hubungan antara koordinat didapat sebagai berikut :

$$\frac{1}{d} = \frac{\cos \theta x}{dx} = \frac{\cos \theta y}{dy} = \frac{\cos \theta z}{dz} \qquad (2.26).$$

Contoh soal 2.12.

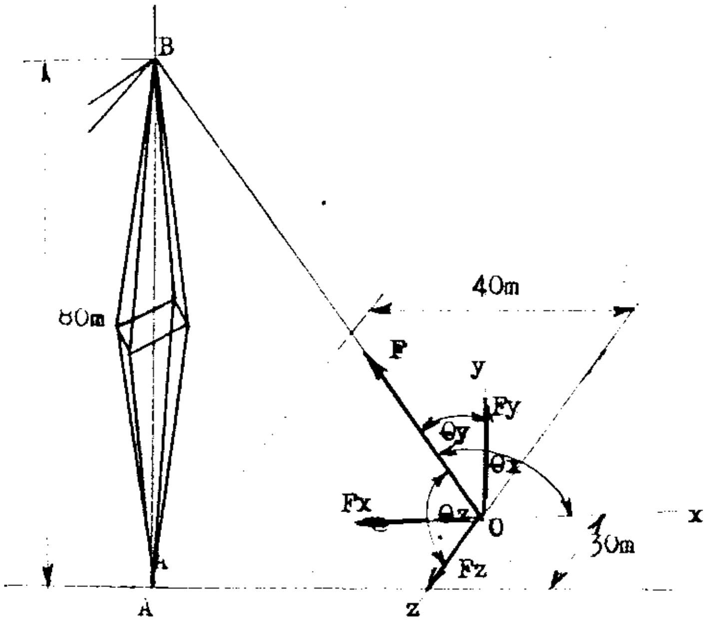
Sebuah menara harus berdiri vertikal, dan harus ditahan dengan 3 utas tali. Salah satu,talinya yaitu AB mengalami gaya tarik sebesar 2500 N seperti gambar 2.29. Tentukanlah (a) Komponen Fx , Fy dan Fz. (b). Sudut $\theta x, \theta y$ dan θz.

Jawab :

Garis aksi gaya yang bekerja pada titik A dan B, gayanya mengarah dari A ke B. Komponen vektor AB yang memiliki arah yang sama dengan gaya itu adalah :

$dx = -40$ m ; $dy = 80$ m ; $dz = 30$ m

Maka jarak dari A ke B (panjang tali AB) adalah :



Gambar 2.29 . Menara.

$$d = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2} =$$

$$= \sqrt{(-40)^2 + 80^2 + 30^2} =$$

$$= 94,3 \text{ m.}$$

Gaya-gaya didapat sebagai berikut :

$$\frac{Fx}{-40} = \frac{Fy}{80} = \frac{Fz}{30} = \frac{2500}{94,3}$$

$$Fx = -1060 \text{ N} \;;\; Fy = 2120 \text{ N} \;;\; Fz = 795 \text{ N}$$

Sudut-sudut miringnya didapat sebagai berikut :

$$\cos \Theta x = \frac{dx}{d} = \frac{-40}{94,3} \qquad ; \Theta x = 115,1^\circ$$

$$\cos \Theta y = \frac{dy}{d} = \frac{80}{94,3} \qquad ; \Theta y = 32^\circ.$$

$$\cos \Theta z = \frac{dz}{d} = \frac{30}{94,3} \qquad ; \Theta z = 71,5^\circ.$$

D. Resultante Gaya-gaya Conkorren Dalam Ruang.

Gaya-gaya conkurren maksudnya adalah gaya-gaya yang bekerja pada satu titik tangkap. Pada hakekatnya dalam kehidupan sehari-hari kita lebih banyak menemukan gaya dalam ruang dari pada gaya-gaya pada bidang. Karena manusia hidup dalam ruang. Untuk menghitung Resultante gaya-gaya dalam ruang dijumlahkan saja komponen-komponen Cartesiannya. Metode grafis dan trigonometri, tidak tepat digunakan disini, karena gambarny dalam posisi miring. Untuk menjumlahkan komponen Cartesian tersebut dapat diikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Uraikan semua gaya atas komponen x,y dan z yaitu Fx, Fy dan Fz.
2. Jumlahkan semua komponen x secara aljabar, sehingga didapat Resultante komponen x (Rx), dengan rumus :

$$Rx = \sum Fx = Fx_1 + Fx_2 + \dots + Fx_n \qquad (2.27)$$

3. Jumlahkan semua komponen y secara aljabar, sehingga didapat Resultante komponen y (Ry), dengan rumus :

$$Ry = \sum Fy = Fy_1 + Fy_2 + \dots + Fy_n \qquad (2.28)$$

4. Jumlahkan semua komponen z secara aljabar, sehingga didapat Resultante komponen z (Rz), dengan rumyus :

$$Rz = \sum Fz = Fz_1 + Fz_2 + \dots + Fz_n \qquad (2.29)$$

5. Untuk menentukan Resultante total, tentukan dengan rumus :

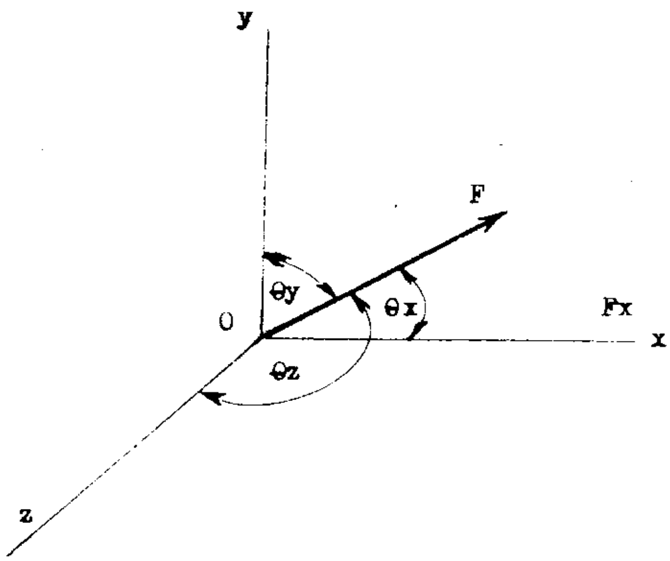
$$R = \sqrt{Rx^2 + Ry^2 + Rz^2} \qquad (2.30)$$

6. Untuk menghitung sudut miring θx, θy dan θz yang dibentuk dengan sumbu koordinat, diperoleh dengan rumus seba-

gai berikut :

$$\left.\begin{aligned} \cos \theta x &= \frac{Rx}{R} \\ \cos \theta y &= \frac{Ry}{R} \\ \cos \theta z &= \frac{Rz}{R} \end{aligned}\right\} \qquad (2.31)$$

Perhatikan gambar 2.30.



Gambar 2.30. Resultante komponen Cartesian.

Contoh soal 2.13.

Sebuah massa di gantungkan pada seutas tali, yang diikatkan pa da 2 titik di sebuah dinding vertikal. Supaya massa tersebut jangan bergeser dengan dinding vertikal, maka harus tarik dengan sebuah gaya P yang tegak lurus dengan dinding,seperti tergambar. Tentukanlah besarnya gaya P dan gaya yang bekerja pada masing-masing tali.

Jawab :

Titik A adalah sebuah titik yang bebas, mengalami

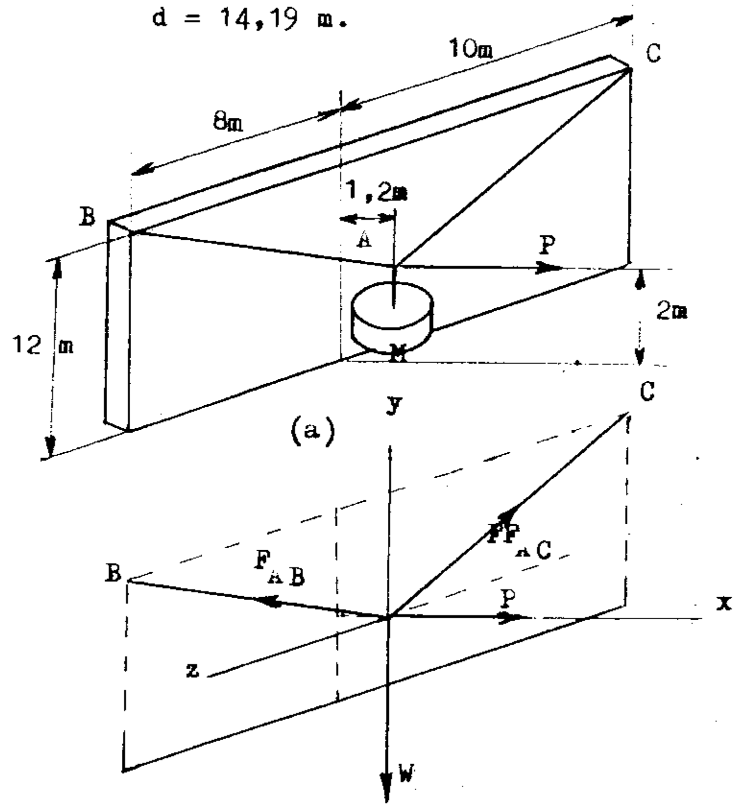
4 buah gaya. Tiga buah gaya belum diketahui besarnya yaitu : P F_{AB}, dan F_{AC} , sedangkann yang diketahui besarnya adalah gaya berat W ialah :

$$W = m \cdot g = 200 . 9{,}81 = 1962 \text{ N.}$$

Komponen x,y dan z, dari masing-masing gaya yang belum diketahui, harus dinyatakan dalam besaran symbol yaitu : P, F_{AB} , dan F_{AC}. Komponen jarak gaya F_{AB} dan F_{AC}, perlu ditinjau terlebih dahulu :

Tali AB , dx = - 1,2 m ; dy = 10 m ; dz = 8 m.
d = 12,86 m

Tali AC , dx = - 1,2 m ; dy = 10 m ; dz = -10m.
d = 14,19 m.



(b)

Gambar 2.31. Massa tergantung pada dua buah tali miring dan satu horizontal.

Gunakan persamaan 2.25 , masukkan hasilnya ke dalam tabel II.2.

TABEL II.2. KOMPONEN GAYA DAN JARAK

Gaya	Komponen Jarak (m)			d(m)	Komponen gaya (N)		
	dx	dy	dz		Fx	Fy	Fz
F_{AB}	-1,2	10	8	12,86	$-0,0933F_{AB}$	$0,778F_{AB}$	$0,622F_{AB}$
F_{AC}	-1,2	10	-10	14,19	$-0,0846F_{AC}$	$0,705F_{AC}$	$+0,705F_{AC}$
P					P	0	0
W					-1962		

Selesaikan ketiga persamaan di bawah ini :

$$\sum Fx = 0 \; ; \; -0,0933\, F_{AB} - 0,0846\, F_{AC} + P = 0$$

$$\sum Fy = 0 \; ; \; 0,778\, F_{AB} + 0,705\, F_{AC} - 1962 = 0$$

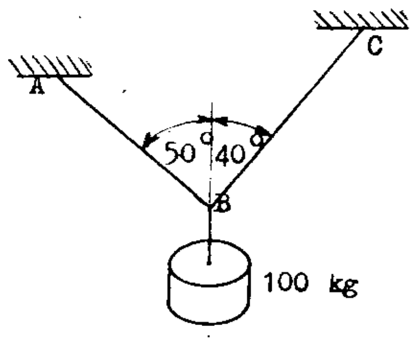
$$\sum Fz = 0 \; ; \; 0,622\, F_{AB} - 0,705\, F_{AC} = 0$$

sehingga didapat :

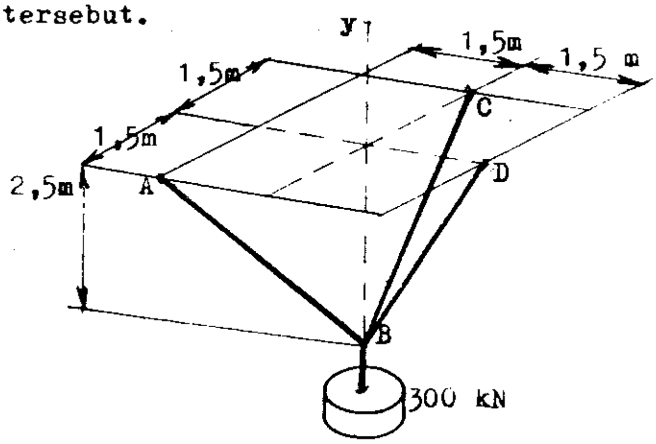
$$P = 235 \text{ N} \; ; \; F_{AB} = 1401 \text{ N} \; ; \; F_{AC} = 1236 \text{ N}.$$

Soal-soal Latihan.

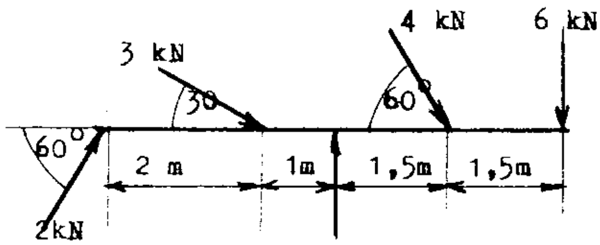
1. Sebuah benda digantung dengan dua buah tali seperti tergambar Tentukanlah gaya yang bekerja pada masing-masing tali tersebut.



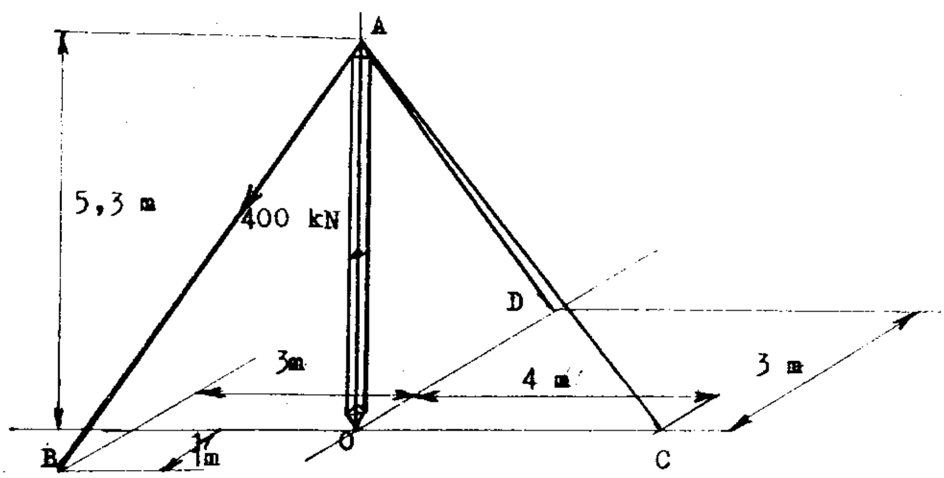
2. Sebuah benda seberat 300 kN tergantung pada 3 utas tali seperti tergambar. Tentukanlah gaya yang bekerja pada masing-masing tali tersebut.



3. Lima buah gaya bekerja seperti tergambar, Tentukanlah besar Resultante dan posisinya.



4. Sebuah menara Televisi tinggi dan ukuran lainnya seperti tergambar. Bila gaya yang bekerja pada tali AB = 400 kN. Tentukanlah gaya yang bekerja pada tali AD dan AC, supaya menara tetap berdiri vertikal.



B A B III

KESETIMBANGAN BENDA TEGAR PADA BIDANG

A. Benda Tegar, Gaya External dan Internal.

Sebahagian besar benda yang ditinjau dalam mekanika dianggap tegar. Benda tegar dapat dikatakan sebagai benda atau kerangka(struktur), yang tidak melentur atau membengkok waktu menerima beban. Struktur atau kerangka tersebut yang sebenarnya tidak pernah mutlak tegar waktu menerima beban. Pelenturan tersebut , sangat kecil sekali, dan tidak mempengaruhi kesetimbangan benda. Kalau dia tidak mempengaruhi kesetimbangan, dan masih dalam batas-batas yang diizinkan, serta dapat diabaikan , biasanya selalu diabaikan. Hal ini akan diuraikan pada bagian lain. Pelenturan dan pembengkokan itu penting sekali untuk dipelajari dan diselidiki serta dipertimbangan, sampai batas-batas yang dikatakan aman itu. Hal ini sangat berguna untuk memperhitungkan daya tahan struktur terhadap beban, juga dapat meramalkan apakah kerangka tersebut ambruk atau tidak, menerima beban yang akan diberikan.

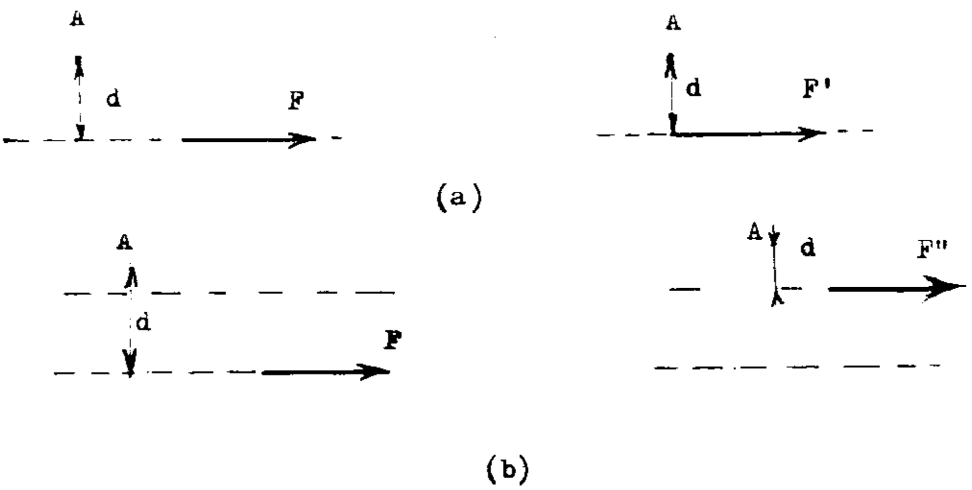
Gaya-gaya yang bekerja pada benda tegar dapat dibedakan atas 2 macam :

1. Gaya luar (External), adalah aksi sebuah benda lain terhadap benda yang sedang diamati. Gaya luar dapat menyebabkan benda bergerak menjadi diam dan benda diam bisa menjadi bergerak.
2. Gaya dalam (Internal), gaya tarik menarik antara partikel - partikel (molekul) yang membentuk benda tegar tersebut. Jika benda tegar tersebut sebuah kerangka baja, maka gaya yang mengikat bagian- bagian rangka baja tersebut itulah yang dinamakan gaya Internal.

Sebuah gaya dapat dipindahkan kemana saja asal didalam garis kerjanya. Sebuah gaya jika dipindahkan kemuka atau kebelakang dari titik tangkap semula, tetapi masih didalam garis kerjanya, maka dia akan mempunyai efek yang sama dengan gaya asalnya.

B. Momen Gaya Terhadap Sumbu.

Dari sudut pandang mekanika benda dianggap tegar menerima beban, bila dua buah gaya F dan F ' equivalen, keduanya mempunyai besar sama, garis kerja sama akan mempunyai efek yang sama terhadap titik yang sama, yang berjarak sama dari garis kerjanya masing-masing, perhatikan gambar 3.1.



Gambar 3.1. Momen terhadap sumbu.

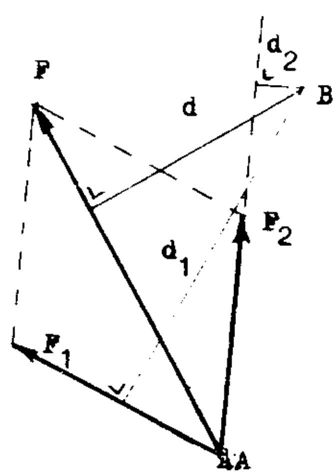
F", sama besar, sama arah, dan memiliki garis kerja yang berbeda , maka dia tidak akan memberikan efek yang sama dengan gaya F pertama(Gambar 3.1). Gaya F dan F" dinyatakan dengan vektor yang sama, yaitu vektor yang mempunyai besar dan arah yang sama, tetapi kedua ini tidak equivalen. Kedua gaya ini cendrung memberikan gerak translasi yang sama terhadap benda tegar. Gaya kedua ini juga menimbulkan gerak rotasi yang berbeda terhadap sumbu yang melalui titik A, yang arahnya tegak lurus bidang sumbu. Kecendrungan sebuah gaya memutar sebuah benda di sekitar sumbu dinamakan momen.

Momen M A dari gaya F terhadap A didapatkan dengan mengalikan besar gaya F dengan jarak, tegak lurus d dari A ke garis kerja gaya F, jadi :

$$MA = F \cdot d \qquad (3.1)$$

Disamping mempunyai besar , momen juga mempunyai arah yang sangat tergantung kepada kedudukan relatif gaya dan sumbunya. Untuk itu ditetapkan suatu perjanjian tanda. Dalam buku ini ditetapkan : jika momen memutar berlawanan dengan jarum jam diberi tanda positif(+), dan momen mrmutar searah jarum jam diberi tanda negatif(-). Pada hakekatnya perjanjian tanda di atas adalah suatu konvensi, bila para pembaca keberatan dengan perjanjian di atas, gunakan lawannya yaitu : bila searah jarum jam beri tanda (+), dan bila berlawanan dengan jarum jam beri tanda negatif.

Teorema Varignon menyatakan bahwa : Momen sebuah gaya terhadap setiap sumbunya , sama dengan jumlah momen komponen gaya itu terhadap sumbu yang bersangkutan, perhatikan gambar 3.2.



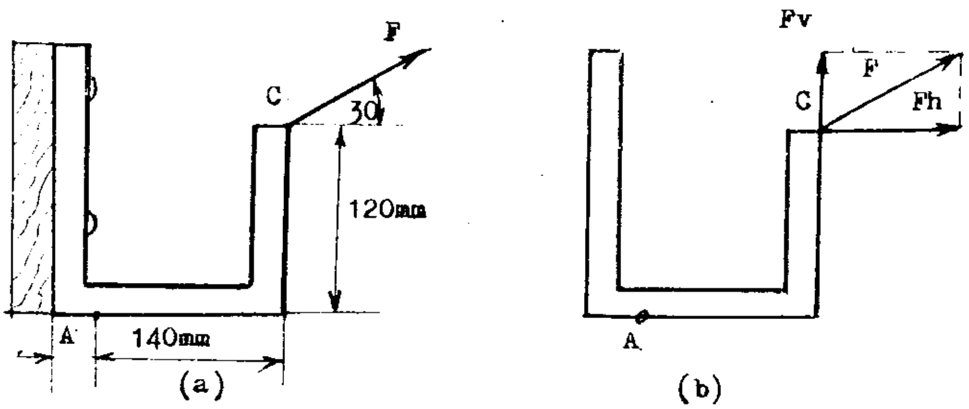
Gambar 3.2. Momen komponen gaya.

Sebuah gaya F, bekerja pada sebuah titik A, F_1 dan F_2 adalah uraian dari gaya F dan d adalah jarak tegak lurus dari titik B ke garis kerja F, d_1 adalah jarak tegak lurus dari titik B ke garis kerja F_1, dan d_2 adalah jarak tegak lurus dari B ke garis kerja gaya F_2, maka :

$$F \cdot d = F_1 \cdot d_1 + F_2 \cdot d_2 \qquad (3.2)$$

Contoh soal 3.1.

Sebuah kontruksi seperti U, pada salah satu kakinya bekerja gaya F sebesar 1,2 kN, seperti tergambar . Tentukanlah momen pada titik A.



Gambar 3.3. Momen pada kontruksi U

Jawab :

Langka pertama, uraikan gaya atas komponen vertikal dan horizontal :

$$Fv = F \cdot \cos 30^0 = 1{,}200 \cos 30 = 1039.\ N,$$

$$Fh = 1200.\ \sin 30^0 = 600\ N.$$

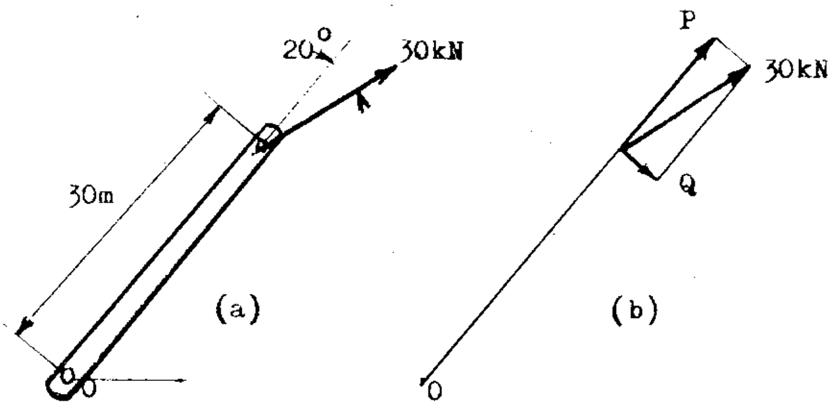
Maka momen pada titik A adalah :

$$MA = -1039 \cdot 0{,}12 + 600 \cdot 0{,}14$$

$$= -\ 40{,}7\ N\ m.$$

Contoh soal 3.2.

Sebuah lengan dengan kontruksi seperti tergambar. Tentukanlah momen gaya tersebut terhadap titik O.



(a) (b)

Gambar 3.3A Momen pada ujung lengan.

Jawab :

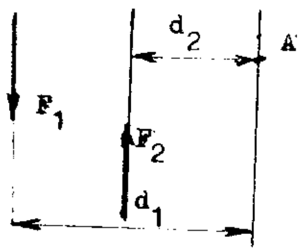
Gaya F tersebut harus diuraikan atas komponen sejajar dan tegak lurus terhadap sumbu lengan (gambar 3.3 A b).

Jadi :

$$MO = P \cdot 0 - Q \cdot 3$$
$$= 0 - 30 \cdot \sin 20^{o} \cdot 3 = -30{,}8 \text{ kN m.}$$

C. Gaya Kopel.

Gaya kopel adalah 2 buah gaya sama, sejajar dan berlawanan arah. Jumlah kedua gaya yang membentuk kopel sama dengan nol (gambar 3.4).



Gambar 3.4. Gaya kopel.

Momen kedua gaya ini terhadap sumbu yang melalui suatu titik tidak sama dengan nol, dengan demikian efek gaya kopel terhadap benda tegar tidak nol. Kedua gaya ini tidak menimbulkan gerah translasi pada suatu benda . Momen kopel tersebut cendrung memutar benda atau menimbulkan gerak rotasi pada benda.

Dari gambar 3.4, d_1 adalah jarak tegak lurus dari A ke F_1 dan d_2 adalah jarak tegak lurus dari A ke F_2 , maka momen-kopelnya adalah :

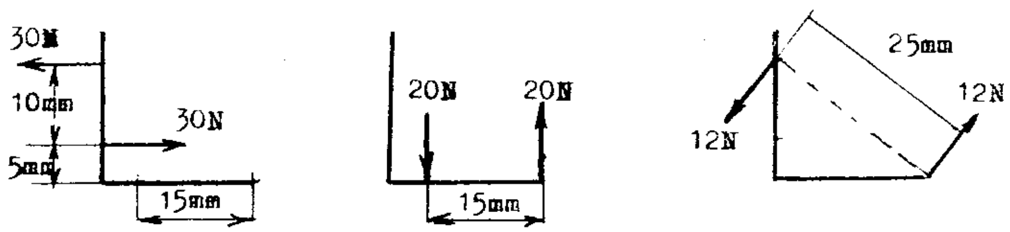
$$MA = F_1 \cdot d_1 - F_2 \cdot d_2$$

$$F_1 = F_2$$

$$MA = F(d_1 - d_2)$$

$$MA = F.d \qquad (3.3)$$

Pada bagian yang terdahulu sudah dijelaskan bahwa kopel dapat menimbulkan gerak rotasi (perputaran). Pendapat ini sebenarnya sudah bisa diterima , tetapi dalam mekanika kita tidak begitu saja menerima pendapat (pernyataan) tanpa bukti yang ilmiah . Sebelum menyatakan bahwa suatu system (kelompok gaya) akan mempunyai efek yang sama pada benda tegar(gambar3 . 5), maka hal ini harus dibuktikan berdasarkan system jajaran genjang untuk kedua gaya, dan prinsip transmissibilitas, sehingga dapat dinyatakan , bahwa 2 system gaya akan equivalen atau system gaya ini akan menimbulkan efek yang sama pada benda tegar , bila kita transpormasikan system ini ke system la-

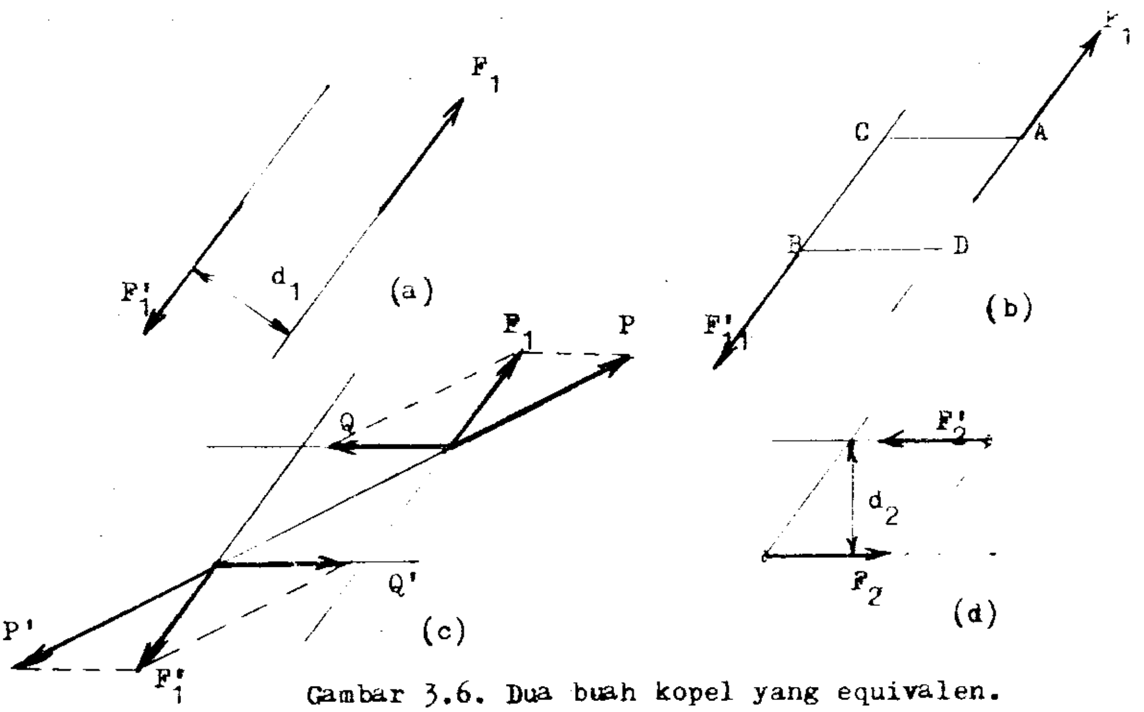


Gambar 3.5. Kopel equivalen.

innya dengan satu atau beberapa operasi berikut ini :

1. Mengganti dua buah gaya yang bekerja pada benda yang sama dengan Resultantenya.
2. Menguraikan suatu gaya menjadi komponennya.
3. Meniadakan 2 gaya yang sama besar, dan berlawanan arah yang bekerja pada benda yang sama.
4. Menerapkan pada benda 2 gaya yang sama besar dan berlawanan arah.
5. Memindahkan gaya sepanjang garis kerjanya.

Sekarang dibuktikan bahwa 2 kopel yang memiliki momen yang sama(besar dan arah sama) adalah equivalen (perhatikan gambar 3.6), yang terdiri dari gaya F_1 dan F_1' ($F_1 > F_1'$), ja-



Gambar 3.6. Dua buah kopel yang equivalen.

rak antara keduanya adalah d_1. Gaya F_2 dan F_2' ($F_2 > F_2'$), d_2 adalah jarak antara keduanya. Kedua kopel ini berlawanan jarum jama arahnya dan dianggap memiliki momen kopel yang sama yaitu :

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2 \qquad (3.4)$$

Untuk membuktikan bahwa keduanya equivalen, kita akan tunjukan bahwa kopel F_1, F_1' dapat ditranspormasikan menjadi kopel F_2 dan F_2'.

Pada titik potong garis kerja kedua kopel beri tanda A, B, C dan D, kemudian geser gaya F_1 dan F_1', sehingga kedua gaya tersebut berturut-turut bekerja pada A dan B(gambar 3.6b). Gaya F_1 diuraikan menjadi komponen P sepanjang garus AB dan komponen Q sepanjang garis AC (gambar 3.6c). Dengan cara yang sama gaya F_1' diuraikan menjadi P' sepanjang AB dan Q sepanjang BD. Gaya P dan P', besarnya sama garis kerja sama dan berlawanan. Keduanya dapat digeser sepanjang garis kerjanya, pada titik yang sama yang saling meniadakan (Resultante = 0) Jadi kopel yang terdiri dari F_1 dan F_1', tereduksi menjadi kopel Q dan Q'.

Diperlihatkan juga bahwa gaya Q dan Q' berturut -turut sama dengan gaya F_2' dan F_2. Momen kopel yang dibentuk oleh Q dan Q' dapat diperoleh dengan menghitung momen Q sekitar B, demikian juga momen kopel yang dibentuk F_1 dan F_1' ialah momen F_1 sekitar B. Momen gaya F_1 (teorema Varignon) sama dengan jumlah momen masing-masing komponen P dan Q, karena momen P terhadap B nol. Momen kopel yang dibentuk Q dan Q', harus sama dengan momen kopel F_1 dan F_1', jadi dapat ditulis :

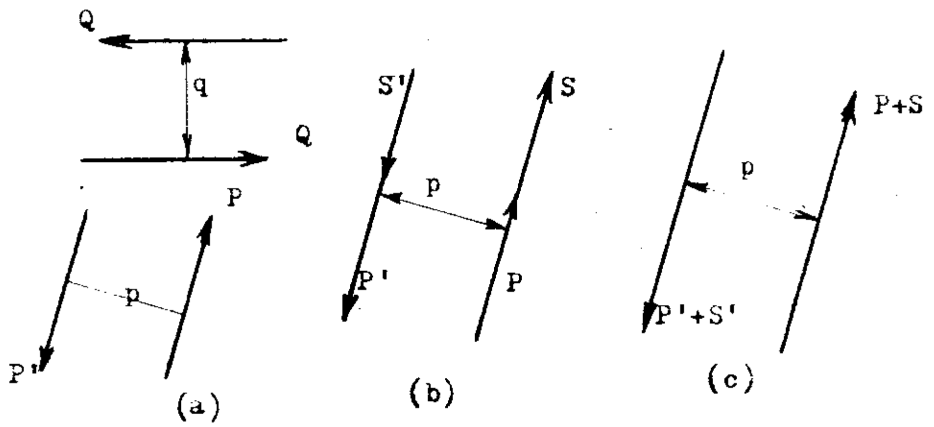
$$Q\ d_2 = F_1 \cdot d_1 = F_2\ d_2$$

bearti

$$Q = F_2 \qquad (3.5)$$

Jadi gaya Q sama dengan Q', F_2' sama dengan F_2, dan kopel dalam gambar 3.6a equivalen dengan kopel dalam gambar 3.6d. Duabuah kopel yang ditimbulkan oleh gaya P dan P' serta Q dan Q', yang bekerja pada suatu benda tegar yang sama seperti gambar 3.7 . Kopel yang dibentuk oleh gaya Q dan Q' dapat digantikan oleh kopel lain yang momennya sama dengan Q dan Q' , yaitu gaya S dan S', bertutut-turut memiliki garis kerja yang sama dengan gaya P dan P'. Besar gaya S harus memenuhi persamaan :

$$S \cdot p = Q \cdot q \qquad (3.6)$$



Gambar 3.7 Jumlah kopel.

Dengan menjumlahkan gaya yang bergaris aksi sama, akan diperoleh kopel tunggal dengan gaya P dan S dan P' + S' (gambar 3.7c). Jadi momen kopelnya adalah :

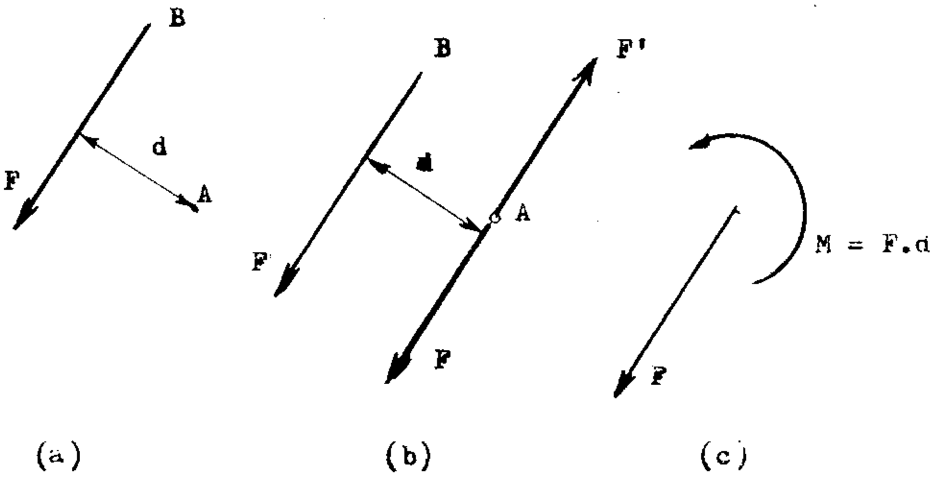
$$M = (P + S) p = Pp + Sp = Pp + Qp \qquad (3.7)$$

$$S = Q$$

Persamaan 3.7 dapat disimpulkan bahwa dua buah kopel dapat digantikan oleh sebuah kopel tunggal, yang jumlah momennya sama dengan jumlah aljabar kedua momen kopel tersebut .

Setiap gaya F yang beraksi pada benda tegar (B), dapat dipindahkan ketitik lain, pada benda tegar tersebut (A), asal ditambah dengan kopel M. Besar momen kopel harus sama dengan momen gaya F terhadap titik A.

Perhatikan gaya F yang bekerja pada titik B (gambar 3. 8). Disini kita inginkan gaya F tersebut beraksi pada titik A. Menurut prinsip transmisibility, gaya F yang bekerja pada B, tidak bisa dipindahkan ketitik A, karena A bukan garis kerjanya, namun hal seperti itu dapat dilakukan ,



Gambar 3.8 . Hubungan momen dan kopel

dengan meletakan dua buah gaya F dan F', yang sama besar dan berlawanan arah, dengan demikian Resultantenya sama dengan 0, sehingga dapat dilihat gaya F' pada titik A, dan gaya F pada titik B adalah kopel, jadi besar momen kopelnya adalah :

$$M = F \cdot d \quad , \qquad (3.8)$$

kemudian gaya F dan momen F d digambarkan seperti gambar 3.8c.

Contoh soal 3.3.

Pada salah satu ujung besi siku bekerja gaya sebesar 50 kN seperti gambar. Tentukanlah:

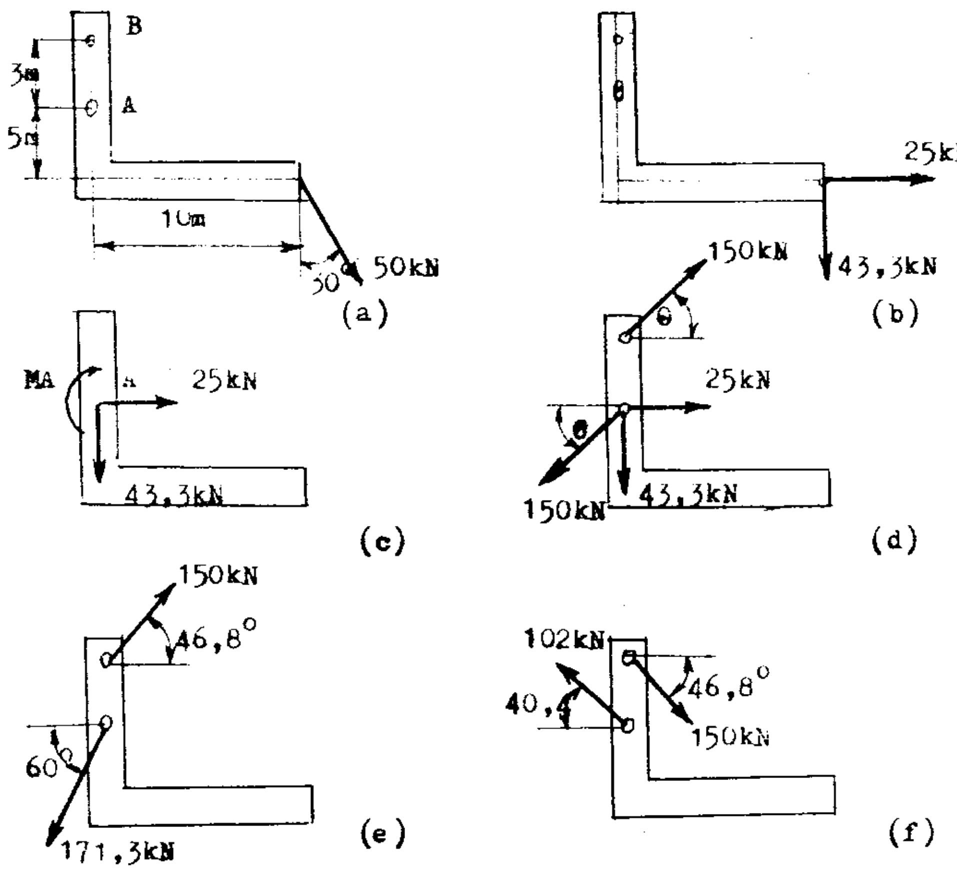
a. System gaya kopel pada A yang equivalen.

b. System equivalen yang terdiri dari gaya 150 kN di B dan gaya lain di A.

Jawab :

Gaya 50 kN diuraikan menjadi gaya vertikal dan horizontal .

(a).



Gambar 3. 9. Gaya kopel eguivalen bekerja pada besi siku.

Fh = 50 . sin 30 = 25 Kn.

Fv = - 50 . cos 30 = - 43,3 kN.

Kedua komponen ini dapat dipindahkan ke titik A, asal ditambah dengan kopel yang momennya sama dengan momen komponen itu pada posisi asalnya terhadap titik A, dengan demikian didapat :

$$MA = 25 . 5 - 43,3 . 10 = - 308 \text{ kN m.}$$

(b). Kita menganggap bahwa kopel MA yang diperoleh di atas terdiri dari dua gaya 150 kN P dan P' yang bekerja berturut turut di A dan di B. Momen P terhadap A sama dengan kopel

MA, dengan sudut miring gaya P terhadap garis horizontal, dengan memakai theorema Varignon dapat ditulis sebagai berikut :

$$MA = - P \cos \theta \, . \, 3$$

$$- 308 = - 150 \, . \cos \theta \, . \, 3$$

$$\cos \theta = \frac{308}{450} = 0{,}684 \; ; \quad \theta = 48{,}8^{\circ}.$$

Setelah kita dapatkan arah gaya P dan P', tentukanlah resultante Q dari gaya P dan P', yang bekerja di A, yaitu :

$$Qh = Ph + PA' = 25 - 150 \, . \cos \theta.$$

$$Qv = Pv + Pv' = -43{,}3 - 150 \, . \sin \theta$$

maka harga equivalen untuk gaya 50 kN semula adalah :

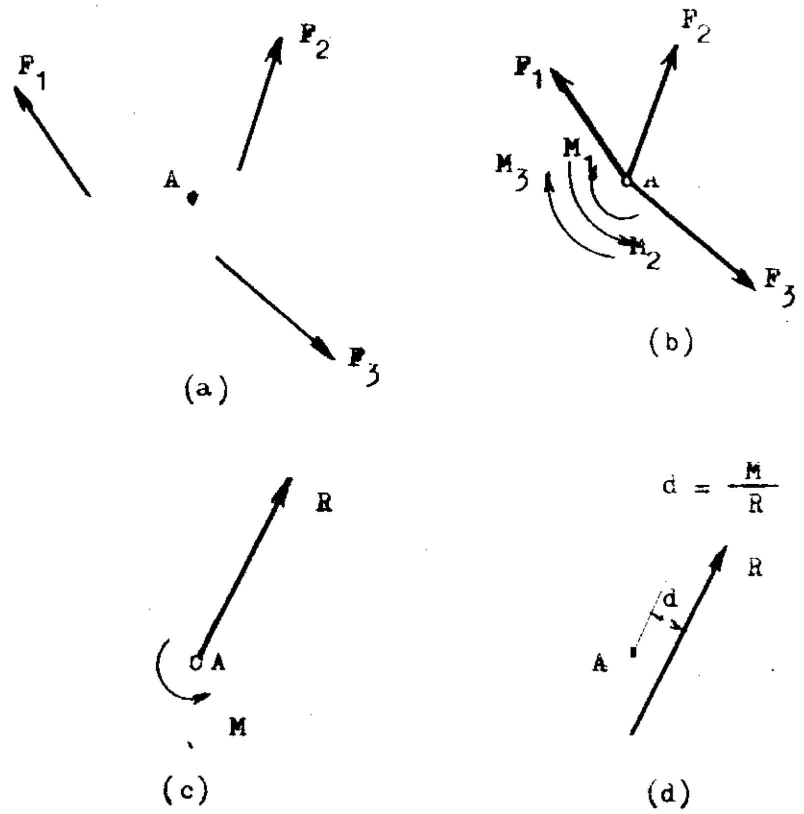
P = 150 kN, dengan sudut $\theta = 46{,}8^{\circ}$ di B.
Q = 171,3 kN, dengan sudut $\theta = 69^{\circ}$ di A.

atau

P = 150 kN, dengan sudut $\theta = 46{,}8^{\circ}$ di B.
Q = 102 kN, dengan sudut $\theta = 40{,}4^{\circ}$ di A.

D. System Equivalen Gaya Sebidang.

Setiap system gaya sebidang yang bekerja pada benda tegar, dapat direduksi menjadi system gaya kopel pada suatu titik tertentu (A). System gaya kopel ini mengkarakterisasi secara lengkap aksi yang dilakukan oleh system tersebut terhadap benda tegar. Dua system gaya sebidang adalah equivalen, jika system ini dapat direduksi menjadi kopel yang sama terhadap titik tertentu (A). Perhatikan gambar 3.10b Rh , Rv dan M dapat dicari berturut-turut dengan komponen h dan v , dan momen terhadap titik A. engan demikian dapat dinyatakan bahwa : Dua system gaya sebidang adalah equivalen, jika jumlah komponen h dan v , dan momen terhadap A dari gaya-gaya berturut-turut sama.



Gambar . 3.10 System equivalen gaya sebidang.

Contoh soal 3.4.

Sebuah batang AB mengalami pembebanan seperti tergambar . Reduksilah system gaya ini menjadi :

a. System gaya kopel terhadap A.

b. System equivalen gaya kopel terhadap B.

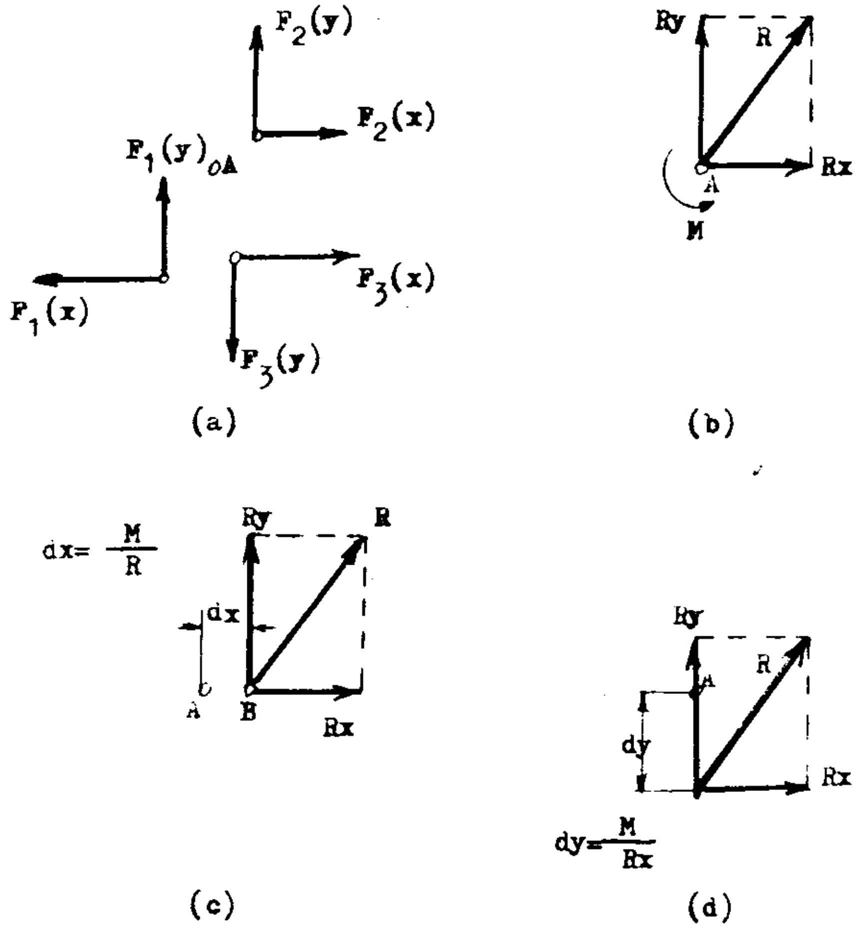
c. Suatu gaya tunggal atau resultante.

Jawab :

Reaksi pada pendukung, tidak dimasukan pada system gaya yang diberikan, system ini tidak akan mempertahankan batang dalam keadaan seimbang.

a. System gaya kopel terhadap A.

Jumlahkan semua gaya yang diketahui serta momennya terhhadap A, diperoleh :



Gambar 3.16. Batang AB dengan 4 buah gaya .

$Rh = 0.$

$Rv = 150 + 600 + 100 - 250 = -600$ N

Berarti gaya Rv bekerja mengarah kebawah .

$MA = -600 \cdot 1{,}6 + 100 \cdot 2{,}8 - 250 \cdot 4{,}8$

$= -1880$ N m.

Momen . kopelnya searah jarum jam.

Jadi dari perhitungan didapatkan, system equivalen gaya kopel terhadap A adalah :

R = 600 N (mengarah kebawah)

MA = 1880 N m (searah jarum jam).

b. System gaya kopel terhadap B.

Gaya 600 N dapat dipindahkan ke B, asal ditambahkan momen kopel sama dengan momen gaya dalam kedudukan semula terhadap B yaitu :

$$MB = 600 \cdot 4{,}8 = 2880 \text{ Nm.}$$

Kopel 1880 N m dalam arah jarum jam dapat dipindahkan ke B, sehingga diperoleh momen kopel tersebut sebagai berikut

$$MB = 2880 - 1880 = 1000 \text{ N m.}$$

Jadi system gaya kopel terhadap B adalah :

$R = 600$ N (arah kebawah).

$MB = 1000$ N m (berlawanan jarum jam).

c. Resultante gaya tunggal.

Gunakanlah resultante pada bagian a , pindahkan gaya 600 N kekanan sejauh x yang ditentukan sedemikian rupa sehingga gaya terhadap A ialah - 1880 N m, ditulis sebagai berikut :

$$MA = -600 \cdot x = -1880$$

$$x = \frac{1880}{600} = 3{,}13 \text{ m.}$$

Jadi kesimpulannya adalah :

$R = 600$ N (arah kebawah).

$x = 3{,}13$ m (jarak dari A ke gaya 600 N).

E. Kesetimbangan.

Sebuah benda atau kontruksi dikatakan setimbang dalam keadaan diam , apabila dia dapat memenuhi 3 syarat di bawah ini yaitu :

$\sum Fh = 0$,(jumlah semua gaya horizontal sama dengan nol)

$\sum Fv = 0$,(jumlah semua gaya vertikal sama dengan 0).

$\sum M = 0$,(jumlah momen setiap titik pada kontruksi tersebut sama dengan nol).

Untuk mengaplikasikan kaedah(dalil) di atas kepada suatu persoalan mekanika teknik, maka ditetapkan suatu perjanjian tanda sebagai berikut , yaitu :

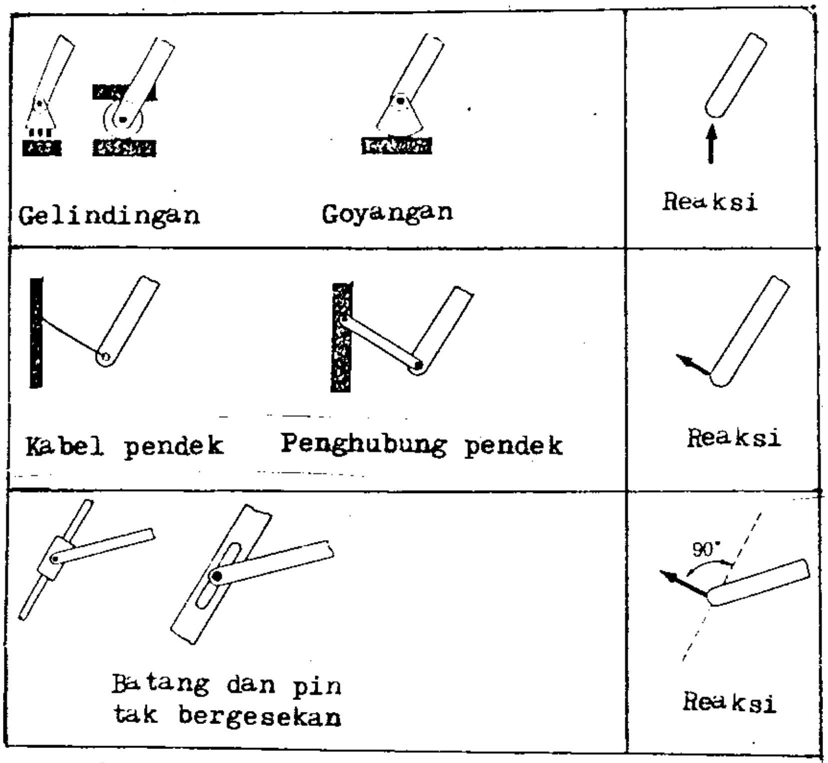
1. Untuk $\sum Fh = 0$, bila gaya mengarah ke kanan, tandanya positif (+), dan bila gayanya mengarah ke kiri diberi tanda negatif (-).
2. Untuk $\sum Fv = 0$, bila gaya mengarah ke atas, tandanya positif (+), dan bila gayanya mengarah ke bawah diberi tanda negatif (-).

Untuk $\sum M = 0$, sudah dijelaskan pada awal bab ini.

Langkah-langkah yang harus ditempuh untuk menyelesaikan masalah kesetimbangan, dalam mengaplikasikan kaedah di atas adalah sebagai berikut :

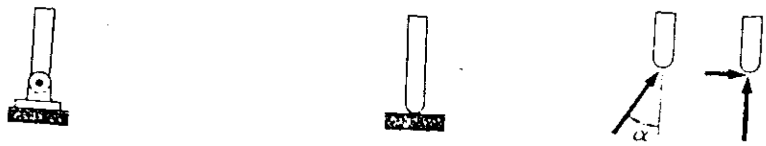
1. Pelajari permasaalahan secermat mungkin, serta hayati makna (maksudnya).
2. Lukis diagram free body (diagram benda bebas). Diagram free body maksudnya sket benda lengkap dengan besar dan arah gaya ekternal. Kalau perhitungan menghendaki pengaruh berat dimasukan, maka lukislah besar dan arah berat benda. Kalau perhitungan tidak menghendaki berat dimasukan, maka tidak perlu dilukiskan gaya berat. Diagram free body merupakan faktor penentu dalam penyelesaian permasaalahan, sebab penyelesaian berikutnya tergantung kepada diagram ini.
3. Pelajari bentuk dan sifat tumpuan. Bentuk dan sifat tumpuan akan menentukan arahn reaksi. Tumpuan-tumpuan yang dipakai untuk mendukung benda (rangka) beragam banyaknya, tetapi jika dibedakan menurut sifatnya dapat dikelompokan atas 3 bagian :
   a. Reaksi yang equivalen dengan sebuah gaya yang diketahui garis kerjanya. Tumpuan dan sambungan yang menimbulkan reaksi dalam kelompok ini adalah : gelindingan (roller), goyangan(racker), permukaan tak bergesekan, penghubung (link), dan kabel pendek kearah batang tak bergesekan, serta pin (jarum) tak bergesekan pada celah. Masing-masing du-

kungan dan sambungan ini dapat mencegah gerak dalam satu arah saja(reaksi yang dapat diberikan pada tumpuan ini hanya satu arah saja). Reaksi dalam kelompok ini berkaitan dengan besaran tak diketahui, yaitu besaran reaksi itu sendiri(lihat gambar 3.16).



Gambar 3.12. Tumpuan yang dapat memberikan reaksi satu arah

b. Reaksi yang equivalen dengan gaya dan arah tak diketahui. Tumpuan dan sambungan yang menimbulkan reaksi dalam kelompok ini adalah : pin tak bergesekan, engkol dan permukaaan kasar. Reaksi ini dapat mencegah gerak lurus benda kesegala arah (tumpuan ini dapat memberikan reaksi kesegala arah), tetapi reaksi ini tidak dapat mencegah benda berputar. Reaksi dalam kelompok ini meliputi 2 komponen (horizontal & vertikal). Jika permukaannya kasar, komponen normal pada permukaan mengarah menjauhi permukaan. Macam tumpuannya seperti ditunjukan pada gambar 3.13.



Gambar 3.13. Tumpuan yang dapat memberikan reaksi kesegala arah, kecuali rotasi.

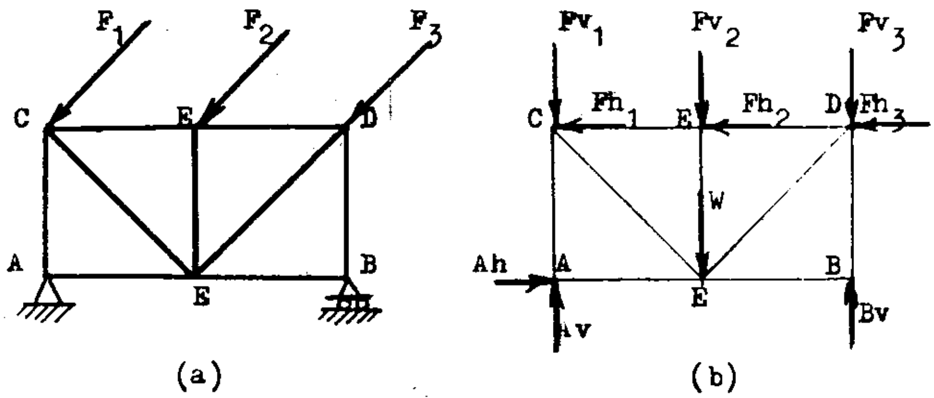
c. Reaksi yang equivalen dengan suatu gaya dan kopel. Reaksi jenis ini ditimbulkan oleh dukungan tetap,yang melawan setiap jenis gerakan benda (translasi dan rotasi), sehingga menahan gerak sepenuhnya . Dukungan ini menimbulkan gaya pada seluruh permukaan yang bersentuhan ; namun gaya semacam ini dapat direduksi menjadi suatu gaya dan suatu kopel. Reaksi dalam kelompok ini menenpati tiga besaran yang tidak diketahui yaitu : 2 komponen gaya dan satu momen kopel. Macam tumpuannya dapat dilihat pada gambar 3.14.

Gambar 3.14. Tumpuan yang dapat memberikan reaksi kesegala arah.

Bila arah gaya atau kopel tidak bisa ditentukan dengan jelas, kita boleh menentukan arah gaya tersebut secara acak-acakan. Tanda dari jawaban hasil perhitungan bisa menunjukan dan memutuskan apakah anggapan tadi betul atau berlawanan. Jika suatu gaya yang dianggap itu didapat (+); berarti anggapan itu benar, dan jika suatu gaya yang dianggap itu dari perhitungan didapat tandanya negatif, berarti anggapan tadi keliru, maka arah gaya tadi yang sebenarnya berlawanan dengan anggpan. Jika suatu titik pada rangka diperkirakan bekerja gaya, ternyata dari perhitungan hasilnya nol. Ini menandakan pada titik tersebut tidak ada gaya bekerja.

4. Gaya-gaya yang dilukiskan pada diagram free body harus sudah terurai menjadi gaya vertikal dan horizontal, karena pada kaedah mekanika, hanya ada vertikal dan horizontal, dan tidak ada gaya miring.
5. Gaya-gaya yang dilukiskan pada diagram free body, adalah gaya aksi yang arahnya sesuai dengan arah beban, sedangkan pada titik reaksi, harus dilukiskan gaya reaksinya, gaya yang berlawanan dengan gaya aksi yang mungkin diterima oleh titik tersebut. Gaya tersebut juga sudah terurai menjadi gaya vertikal dan horizontal, misalnya : suatu titik diperkirakan menerima aksi ke bawah, maka reaksinya ke atas.
6. Aplikasikanlah kaedah kesetimbangan itu, kepada diagram free body, sehingga didapat gaya yang belum diketahui.

Suatu rangka ABCD seperti gambar 3.15a. tumpuan A engsel, dan tumpuan B rol. Pada puncaknya bekerja gaya F_1 F_2 dan F_3 dengan sudut miring yang sama, setelah sketnya dilukis, kemudian lukiskan gaya-gaya yang bekerja pada rangka tersebut (gambar 3.15b) sebagai berikut :

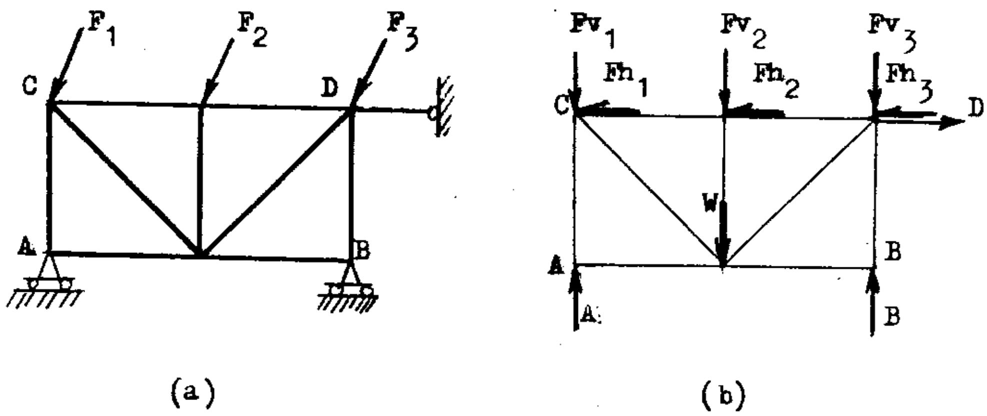


Gambar 3.15. Rangka batang ABCD.

1. Gaya F_1, F_2 dan F_3 merupakan aksi miring ke kanan, maka komponen vertikalnya mengarah ke bawah dan horizontalnya, ke kiri, yaitu pada titik C,E,D, .
2. Gaya W adalah berat kerangka yang terletak di tengah kerangka yaitu titik F. Berat merupakan gaya aksi yang selalu mengarah ke bawah.
3. Tumpuan A adalah engsel(type B), sifatnya sanggup menerima gaya dari segala arah. Tumpuan ini menerima gaya miring dari kanan. Tentu reaksi yang dapat diberikannya miring kiri, maka komponen reaksi di A adalah Ah arah kanan dan Av arah ke atas.
4. Tumpuan B adalah tumpuan rol (type A), sifatnya hanya sanggup menerima gaya dari satu arah saja, yaitu yang tegak lurus terhadap perletakannya. Titik B memang ikut menerima gaya vertikal dan horizontal dari gaya yang miring, tetapi dia hanya bisa menerima gaya yang vertikal saja yang arahnya ke bawah. Reaksi yang dapat diberikan juga vertikal yang arahnya ke atas, dengan demikian semua aksi horizontal akan terpusat pada titik A,dan reaksinya akan diberikan oleh titik A yaitu Ah.
5. Gunakan kaedah kesetimbangan untuk menghitung reaksi ter-

sebut, sehingga didapat gaya-gaya yang belum diketahui.

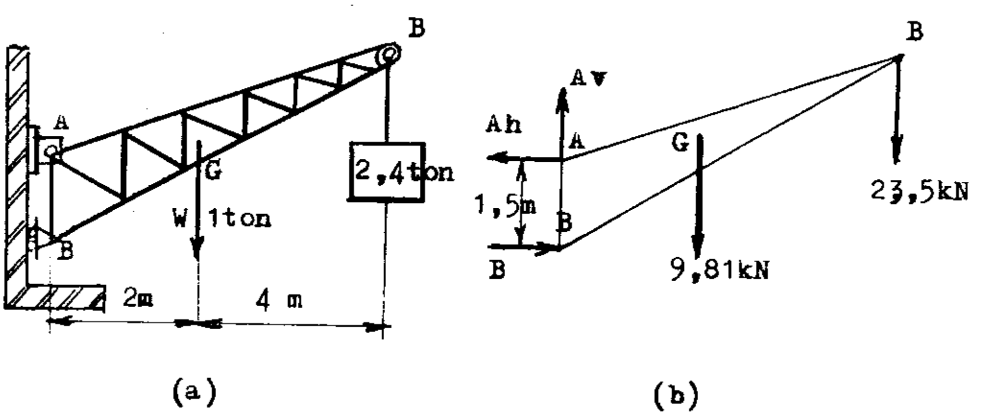
Untuk seterusnya pelajarilah, rangka pada gambar 3.16a. serta diagram free bodynya gambar 3.16b.



Gambar 3.16. Rangka batang tiga tumpuan.

Contoh soal 3.5.

Sebuah kran dengan massa 1 ton, dipakai untuk mengangkat beban dengan massa 2,4 ton. Beban itu dipegang tatap pada tempatnya oleh pin A dan goyangan di B. Titik berat kran terletak di titik G. Tentukanlah komponen reaksi di A dan B .



Gambar. 3.17. Kran.

Jawab :

Perhatikan diagram free body (gambar 3.17b).

Berat kran :

$$W = m \cdot g = 1000 \cdot 9{,}81$$
$$= 9{,}81 \text{ kN}.$$

Berat beban :

$$F = m \cdot g = 2\ 400 \cdot 9{,}81$$
$$= 23{,}5 \text{ kN}.$$

Reaksi pada titik A, diperkirakan vertikal ke atas dan horizontal ke kiri. Reaksi pada titik B horizontal ke kanan karena tumpuan rol.

Kaedah kesetimbangan :

$$\sum M_A = 0,$$

$$B \cdot 1{,}5 - 9{,}81 \cdot 2 - 23{,}5 \cdot 6 = 0$$

$B = 107{,}1$ kN.(karena tandanya positif berarti anggapan pada gambar 3.17b.benar).

$$\sum Fh = 0,$$

$$Ah + B = 0.$$

$Ah = B = 107{,}1$ kN.(anggapan semula benar).

$$\sum Fv = 0,$$

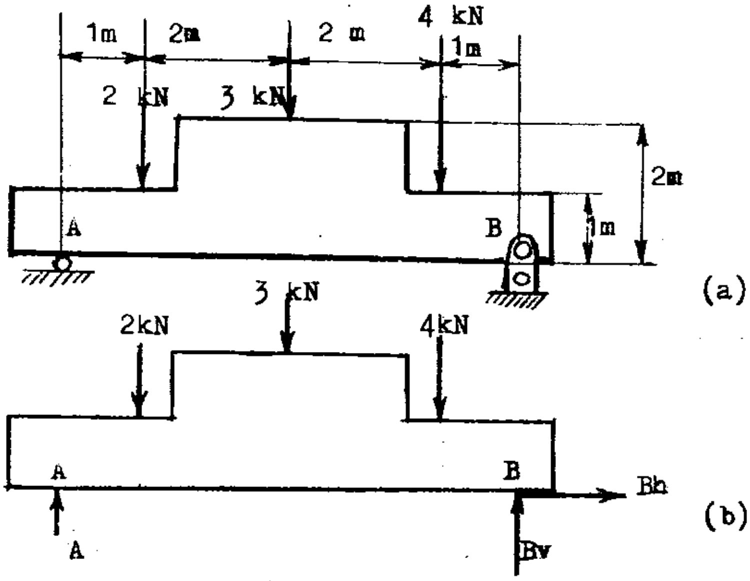
$$Av - 9{,}81 - 23{,}5 = 0$$
$$Av = 33{,}3 \text{ kN}.$$

Reaksi total pada titik A adalah :

$$RA = \sqrt{Av^2 + Ah^2}$$
$$= \sqrt{107{,}1^2 + 33{,}3^2}$$
$$= 112{,}2 \text{ kN}.$$

Contoh soal 3.6.

Sekeping baja dibebani dengan beban seperti tergambar pada gambar 3.18. Baja tersebut didukung dengan 2 tumpuan rol di titik A dan engsel di titik B. Tentukanlah reaksi pada titik A dan B.



Gambar 3.18. Sekeping baja mengalami pembebanan.

Jawab :

Susunan gaya dan arahnya seperti pada diagram free body (gambar 3.18b.)

Kaedah kesetimbangan :

$\sum Fh = 0,$

B = 0. (Karena tidak ada gaya horizontal, maka reaksi horizontal juga tidak ada).

$\sum M_A = 0,$

$-2.1 - 3.3 - 4.5 + Bv \cdot 6 = 0$

Bv = 5,17 kN(Tanda positif berarti anggapan benar).

Reaksi pada titik B = 5,17 kN arah keatas.

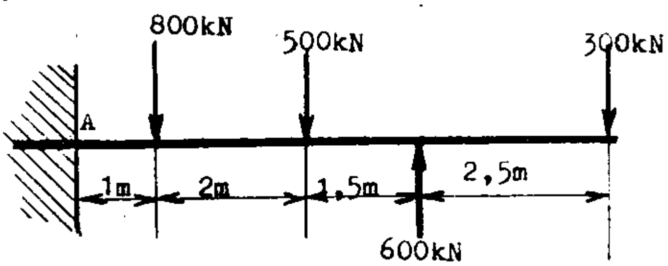
$\sum M_B = 0,$

$-A.6 + 2.5 + 3.3 + 4.1 = 0$

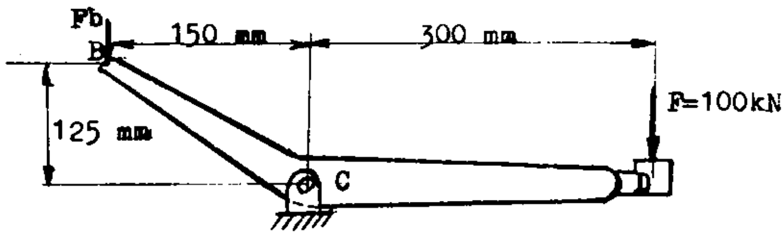
A = 3,83 kN, Berarti reaksi di titik A adalah :
3,83 kN mengarah keatas.

Soal-soal.

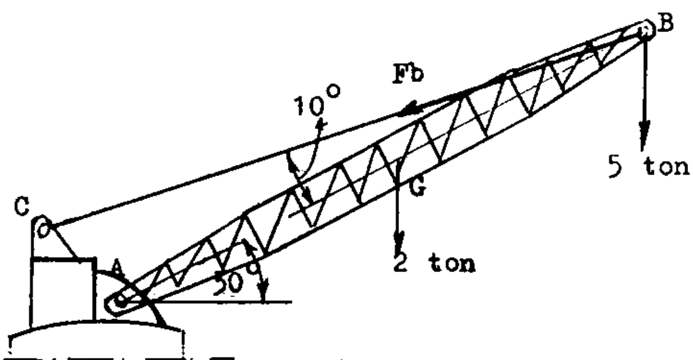
1. Sebuah balok dibebani seperti tergambar. Pada ujung kiri dijepit dan ujung lain bebas. Tentukanlah reaksi pada bagian yang terikat .



2. Sebuah tuas seperti tergambar, tentukanlah reaksi pada titik B dan C,jika gaya yang bekerja pada titikD 100 kN.



3. Sebuah kran AB panjang 40 m, massa 2 ton. Pusat gravitasi berada 20 m dari titik A. Untuk kedudukan seperti tergambar, tentukanlah gaya yang bekerja pada tali BC, jika massa beban yang diangkat 5 ton.

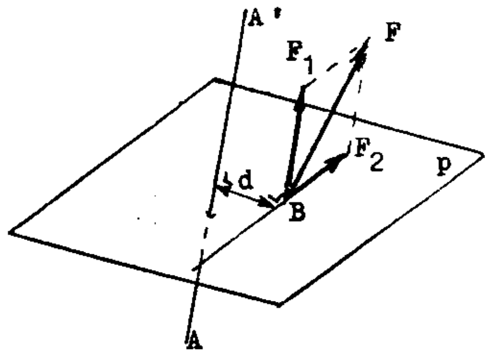


B A B IV

KESETIMBANGAN BENDA TEGAR DALAM RUANG

A. Momen.

Suatu gaya F yang bekerja pada titik B, berdekatan dengan sumbu AA' (gambar 4.1). Gaya F diuraikan menjadi 2 kom-

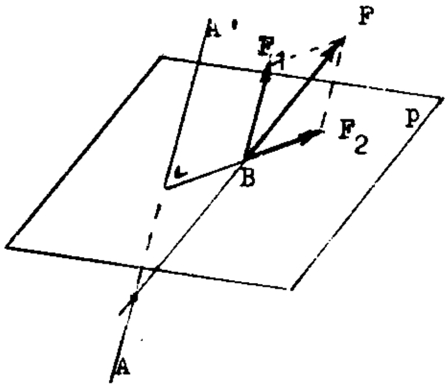


Gambar 4.1. Sebuah gaya bekerja berdekatan dengan sebuah sumbu AA'.

ponen tegak lurus yaitu : F_1 sejajar dengan AA', F_2 terletak pada bidang p tegak lurus dengan AA' serta melalui titik B . Kalau gaya F yang bekerja pada satu benda tegar, maka komponen F_2 cendrung memutar benda sekitar sumbu AA'. Menurut E . Russell Johnston. Jr, (1976; 103), momen gaya F terhadap sumbu AA' sama dengan momen gaya F_2 terhadap sumbu AA' itu. Momen itu sama dengan perkalian antara gaya F_2 dengan d, d adalah jarak tegak lurus dari AA' ke garis aksi F_2. . Searah atau tidak suatu momen dengan jarum jam tergantung kepada sudut pandang pengamat yang meninjau dari A' yang melihat kearah A. Kalau demikian momen F_2 terhadap sumbu AA' berlawanan arah dengan jarum jam.

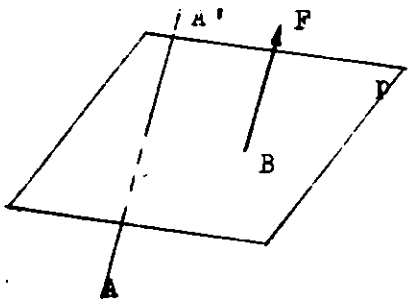
Tetapi bila garis aksi F berpotongan atau sejajar dengan AA', maka momen gaya F terhadap sumbu AA' menjadi nol. Karena jarak yang tegak lurus dari garis kerja komponen gaya

F_2 ke AA' tidak ada (nol), lihat gambar 4.2. Kalau F sejajar



Gambar 4.2. Komponen gaya yang tegak lurus dengan sumbu AA'.

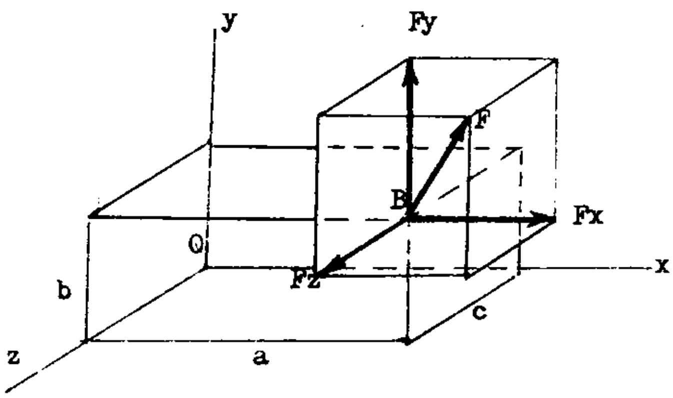
dengan sumbu AA', maka komponen F_2 yang akan menimbulkan momen pada AA' tidak ada (nol), sedangkan jaraknya memang ada, seperti ditunjukan oleh gambar 4.3. Kalau momen komponen F_2



Gambar 4.3. Komponen gaya yang sejajar dengan sumbu AA'.

terhadap AA' sama dengan nol, sehingga tidak ada sedikit pun komponen gaya F yang dapat menimbulkan momen terhadap sumbu AA', maka momen gaya F terhadap AA' adalah nol.

Pada gambar 4.4, gaya F yang bekerja pada sudut suatu kotak persegi (B) yang bersisi a,b, dan c. Gaya tersebut dapat menimbulkan gerak traslasi searah x,y dan z, dan gerak berputar terhadap sumbu x,y dan z,atau kombinasi semua gerak.. Kemampuan gaya tersebut melakukan gerak translasi ditentukan oleh komponen Cartesian Fx, Fy dan Fz. Kemampuan suatu gaya melakukan gerak rotasi terhadap sumbu koordinat ditentukan oleh momen F terhadap sumbu x , y dan z yaitu Mx, My dan Mz .



Gambar 4.4, Gaya yang bekerja pada sudut suatu kotak.

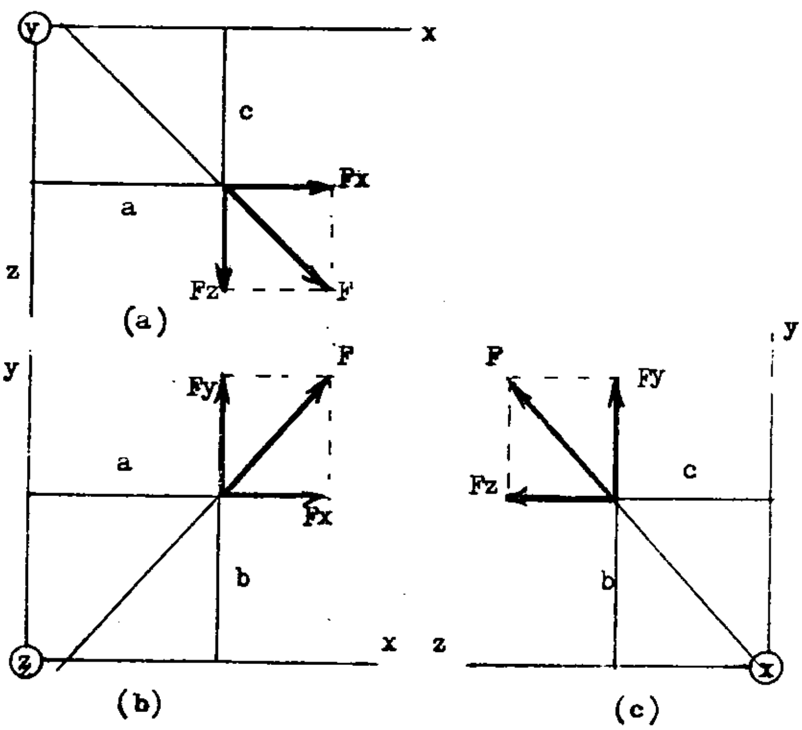
Pada gambar tiga dymensi (proyeksi miring), agak sulit juga menentukan arah gaya dan jaraknya. Karena jarak dan arah gaya yang sesungguhnya tidak dapat dilihat dengan tepat pada gambar. Untuk itu digunakan proyeksi datar (proyeksi Amerika) dalam pemecahan masaalah ini. Dengan proyeksi Amerika kita akan dapat melihat arah dan jarak gaya dalam bentuk yang pasti. Dalam memproyeksikan tersebut kita melihat dari tiga pandangan yaitu pandangan atas, muka, dan samping kanan. Perhatikanlah gambar 4.5, yang merupakan proyeksi datar dari gambar 4.4, dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pandangan atas (gambar 4.5a), gaya F diproyeksikan pada bidang x,z , yaitu Fx dan Fz, dengan jarak a dan c terhadap sumbu y. Disini sumbu y terlihat berbentuk titik. Berdasarkan pandangan atas ini dapat ditentukan momen ter-

hadap sumbu y (My).

2. Pandangan muka (gambar 4.5b), Pandangan muka terletak dibawah pandangan atas. Disini gaya F diproyeksikan terhadap bidang x-y yaitu Fx dan Fy, sedangkan a dan b adalah jarak masing-masing komponen gaya terhadap sumbu z. Sumbu z terlihat merupakan sebuah titik. Momen terhadap sumbu z dapat dihitung dari pandangan ini .

3. Pandangan samping kanan (gambar 4.5c). Pandangan samping kanan terletak sebelah kanan dari pandangan muka. Dalam hal ini gaya F diproyeksikan terhadap bidang y-z, sedangkan sumbu x merupakan sebuah titik. Proyeksi gaya F itu adalah Fy dan Fz, yang berjarak c dan b terkadap sumbu x . Momen terhadap sombu x dapat ditentukan dari pandangan ini.

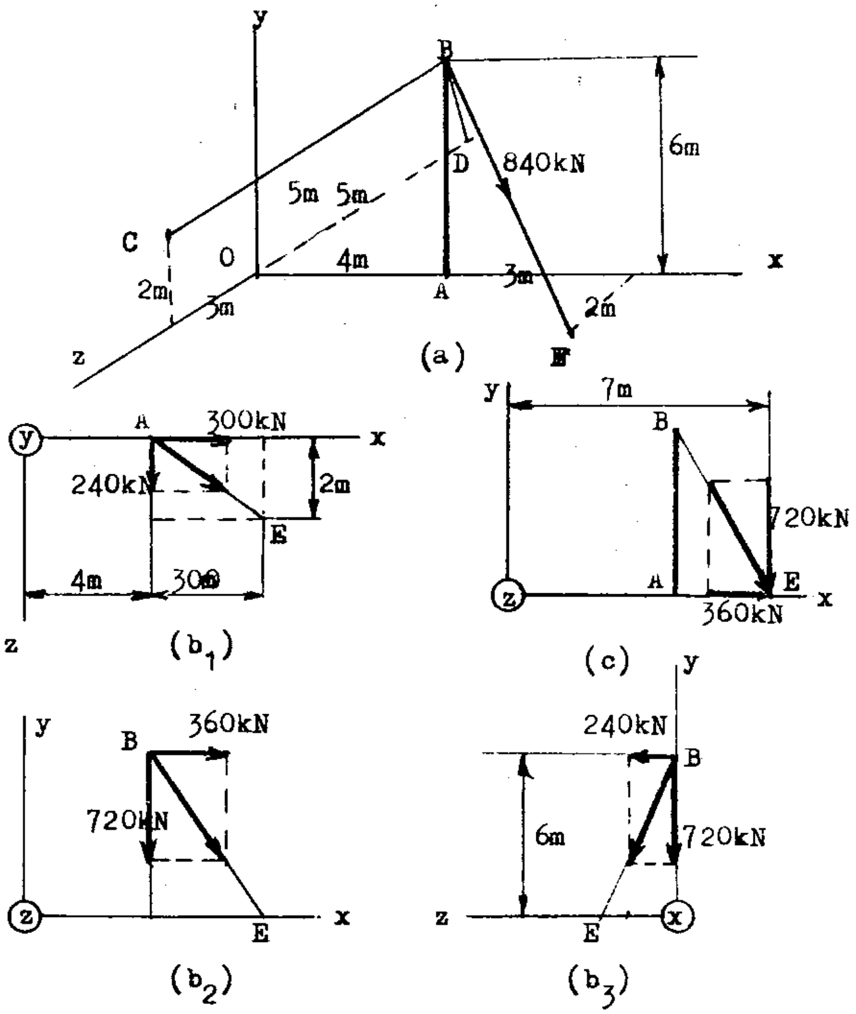


Gambar 4.5. System proyeksi Amerika.

Perjanjian tanda yang dipakai dalam hal ini sama dengan perjanjian tanda yang diuraikan pada bab III buku ini.

Contoh soal 4.1.

Sebuah menara AB panjang 6 m, ditahan oleh tiga buah tali, supaya dia tetap berdiri vertikal. Gaya yang bekerja pada tali BE 840 kN. Tentukanlah momen yang bekerja terhadap sumbu koordinat dari gaya yang ditimbulkan oleh kawat BE pada titik B. Lihat gambar 4.6.



Gambar 4.6. Sebuah menara yang ditahan dengan tiga buah tali.

Jawab :

Gaya F yang ditimbulkan oleh BE, mula-mula diuraikan menjadi komponen. Komponen dan besar gaya pada BE didapat sebagai berikut. Mula-mula tentukan jarak koordinat :

$dx = 3$ m , $dy = -6$ m, $dz = 2$ m,

$$d\ (BE) = \sqrt{3^2 + (-6)^2 + 2^2}$$

$d = 7$ m.

Komponen gaya didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{Fx}{3} = \frac{Fy}{-6} = \frac{Fz}{2} = \frac{840}{7}$$

$Fx = 360$ kN, $Fy = -720$ kN, $Fz = 240$ kN.

Gunakan teorema Varignon untuk menghitung momen (perhatikan gambar 4.6b).

$Mx = 240 \cdot 6 = 1440$ kN m .

$My = -240 \cdot 4 = 960$ kN m.

$Mz = -720 \cdot 4 - 360 \cdot 6 = -5040$ kN m.

Komponen gaya yang bekerja pada titik B dapat dilihat pada gambar 4.6c.

Contoh soal 4.2.

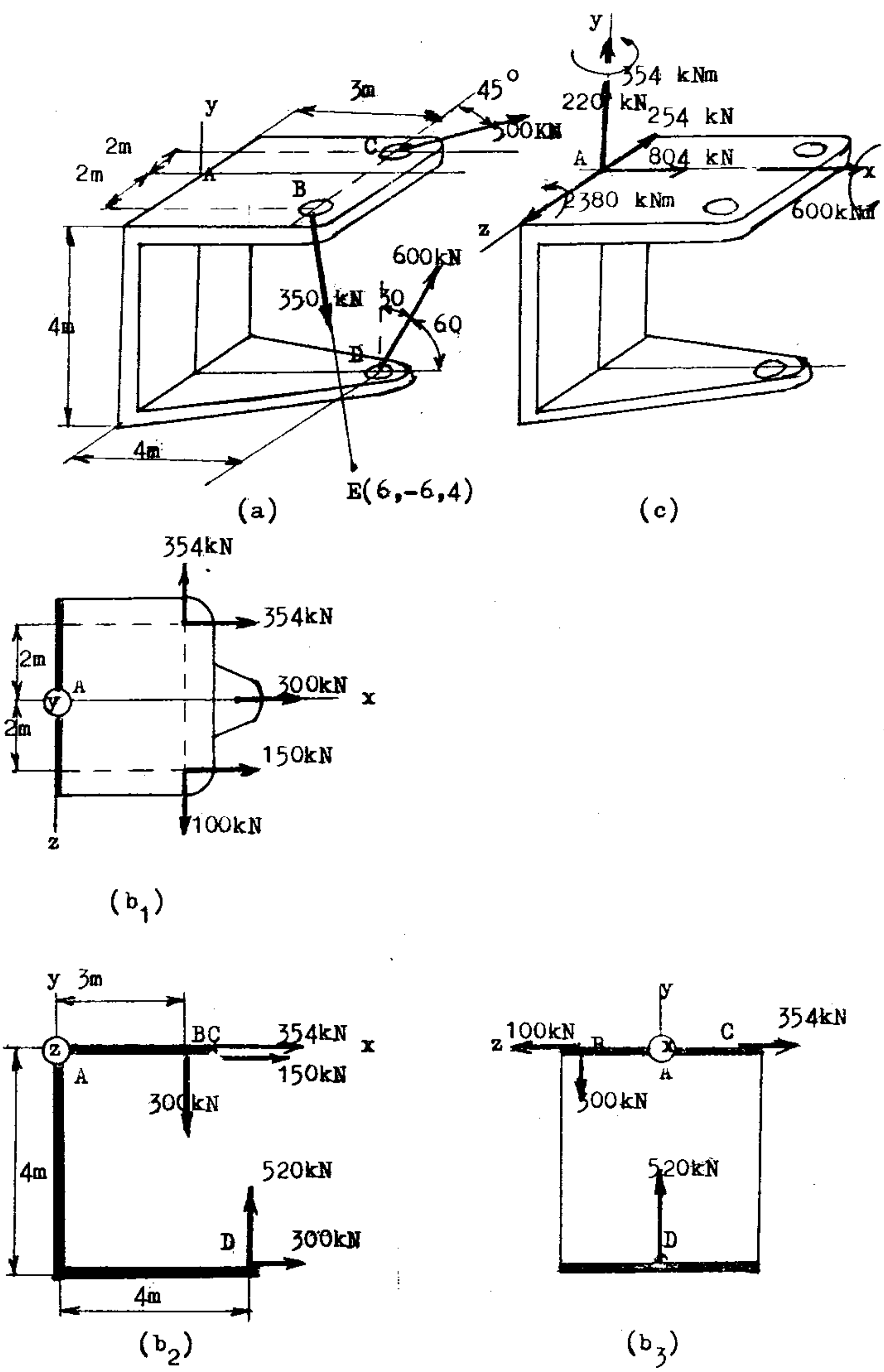
Sebuah braket diikat dengan tiga utas tali, dan ditarik seperti terlihat pada gambar 4.7. Tentukanlah komponen Resultante dari gaya-gaya tersebut(Rx,Ry dan Rz), dan komponen momen (Mx,My dan Mz).

Jawab :

Setelah dibuat sket persoalan, kemudian buat proyeksi Amerika yang terdiri dari pandangan atas, muka dan samping kanan. Cara yang paling efesien adalah menggunakan system tabel. Komponen gaya yang bekerja pada titik B dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{Bx}{3} = \frac{By}{-6} = \frac{Bz}{2} = \frac{350}{7}$$

Untuk seterusnya tabulasikan kedalam tabel IV.1.



Gambar 4.7. Braket dengan tiga buah gaya.

TABEL IV . 1. KOMPONEN GAYA DAN MOMEN

Gaya	Komponen gaya (kN)			Komponen Momen (kN m)		
	F x	Fy	Fz	Mx	My	Mz
B	150	- 300	100	600	300 - 300	- 900
C	354	0	-354	0	1064 -708	0
D	300	520	0	0	0	2080 1200
	Rx = 804	Ry = 220	Rz = -254	Mx = 600	My = 354	Mz = 2380

Jadi system yang diberikan dapat diganti dengan tiga gaya dan tiga momen kopel, seperti tabel. Ketiga gaya tersebut dapat diganti dengan gaya tunggal R yang berkomponen Rx , Ry dan Rz, serta tiga buah momen kopel tunggal M yang berkomponen Mx,My, dan Mz.

B. Kesetimbangan.

Pada uraian yang terdahulu yaitu gaya pada bidang, sudah diterangkan bahwa suatu benda tegar dinyatakan setimbang , jika gaya ekternal yang bekerja pada benda tersebut, membentuk suatu system gaya yang Resultantenya sama dengan nol(equivalen dengan nol). Gaya yang berada dalam ruang, dikatakan equivalen dengan nol bila ketiga komponen gaya dan ketiga vektor kopel membentuk suatu system yang Resultantenya sama dengan nol. Menurut E. Russell Johnston Jr,(1976 ; 121), kaedah suatu benda tegar dikatakan seimbang statis dalam ruang ada 6 yaitu :

1. $\sum Fx = 0$, (4.1)

   Jumlah seluruh komponen gaya yang sejajar dengan sumbu x sama dengan nol.

2. $\sum Fy = 0$, (4.2)

Jumlah seluruh komponen gaya yang sejajar dengan sumbu y sama dengan nol.

3. $\sum Fz = 0$, (4.3)

Jumlah seluruh komponen gaya yang sejajar dengan sumbu z sama dengan nol.

4. $\sum Mx = 0$, (4.4)

Jumlah seluruh momen terhadap sumbu x sama dengan nol.

5. $\sum My = 0$, (4.5)

Jumlah seluruh momen terhadap sumbu y sama dengan nol.

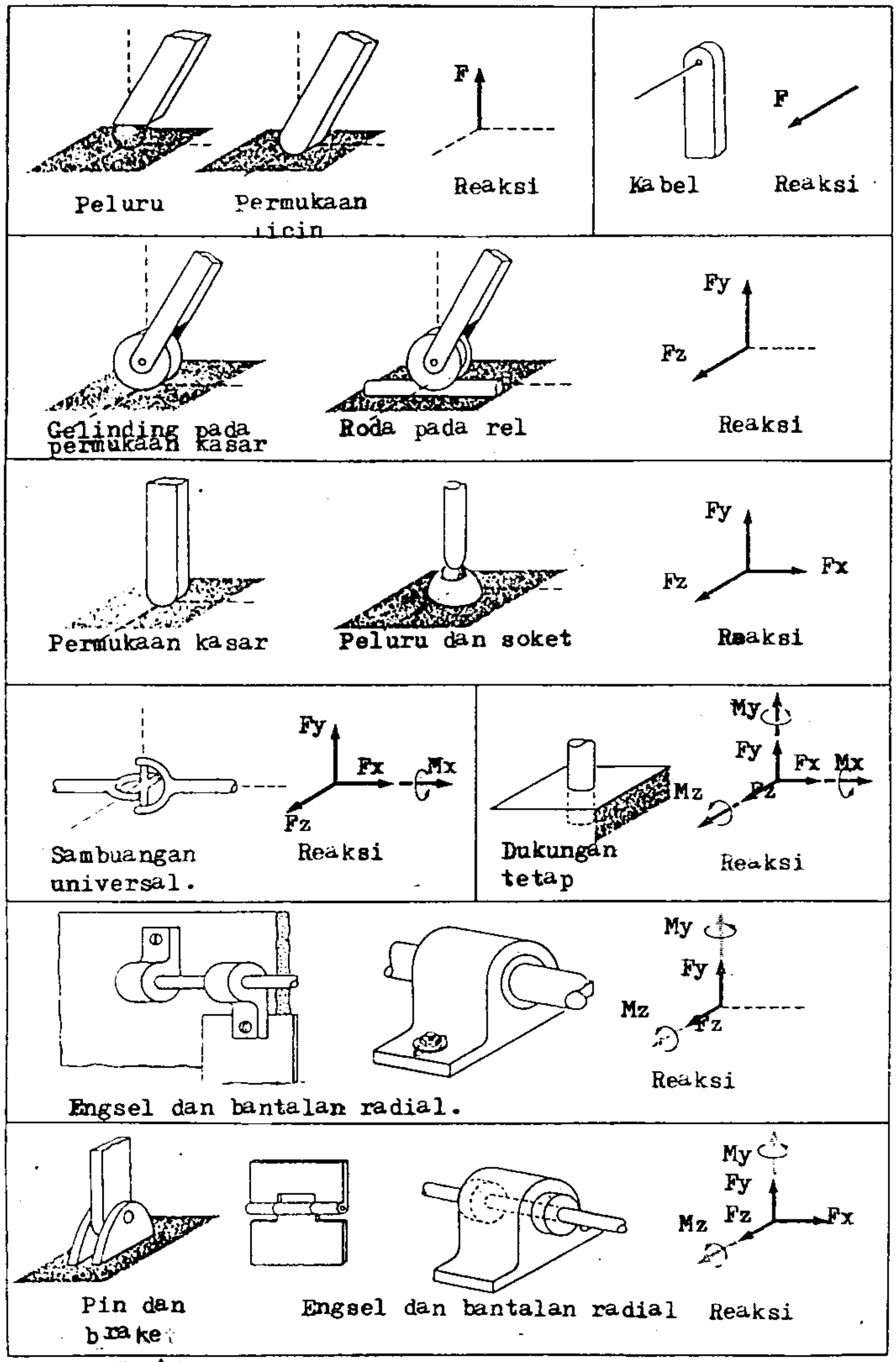
6. $\sum Mz = 0$, (4.6)

Jumlah seluruh momen terhadap sumbu z sama dengan nol.

Persamaan (4.1),(4.2), (4.3), memberi petunjuk bahwa komponen gaya eksternal dalam arah sumbu x,y dan z saling mengimbangi atau mempunyai Resultante sama dengan nol. Tentu tidak akan memberikan gerak translasi dan rotasi terhadap benda tegar yang sedang mengalami gaya tersebut.

Untuk menunjang suatu rangka dipakai berbagai jenis dukungan dan sambungan seperti gambar 4.8, dengan reaksi yang bersesuaian. Suatu cara yang sederhana perlu kita tempuh untuk menentukan jenis reaksi yang sesuai dengan jenis dukungan atau sambungan yang dipakai. Pada suatu kontruksi dapat terjadi 6 gerakan yaitu : 3 gerakan translasi searah dengan sumbu x, y, dan z, serta 3 gerakan rotasi yakni memutar terhadap sumbu x , y, dan z. Dari ke 6 gerakan tersebut harus diseleksi, mana gerakan yang dibolehkan dan mana yang tidak dibolehkan, Untuk itu dengan cara sederhana kita perlu mempelajari jenis tumpuan dan sifatnya.

Dukungan peluru, permukaan tak bergesekan dan kabel dapat mencegah gerak translasi dalam satu arah (hanya dapat memberikan reaksi dalam satu arah saja). Jadi menimbulkan gaya tunggal yang telah diketahui garis aksinya. Gelinding pada permukaan kasar dan roda pada rel, mencegah translasi dalam 2 arah. Reaksi tumpuan yang bersangkutan terdiri atas 2 komponen gaya yang tak diketahui. Permukaan kasar dalam keadaan kontak



Gambar 4.8. Macam-macam dukungan.

langsung dan dukungan peluru serta soket, mencegah translasi dalam 3 arah. Dukungan ini mengan dung tiga komponen gaya yang belum diketahui.

Beberapa jenis dukungan dan sambungan juga dapat mencegah rotasi dan translasi. Reaksi yang bersangkutan termasuk kopel dan gaya. Reaksi pada dukungan tetap akan mencegah setiap gerak, yang terdiri dari 3 gaya dan 3 kopel yang tak diketahui. Sendi universal yang dirancang untuk mengizinkan rotasi terhadap 2 sumbu, akan menimbulkan reaksi yang terdiri atas 3 komponen gaya dan satu kopel tak diketahui. Jenis dukungan dan sambungan untuk mencegah gerak transalasi dan rotasi, reaksinya akan terdiri dari 3 komponen gaya termasuk kopel.

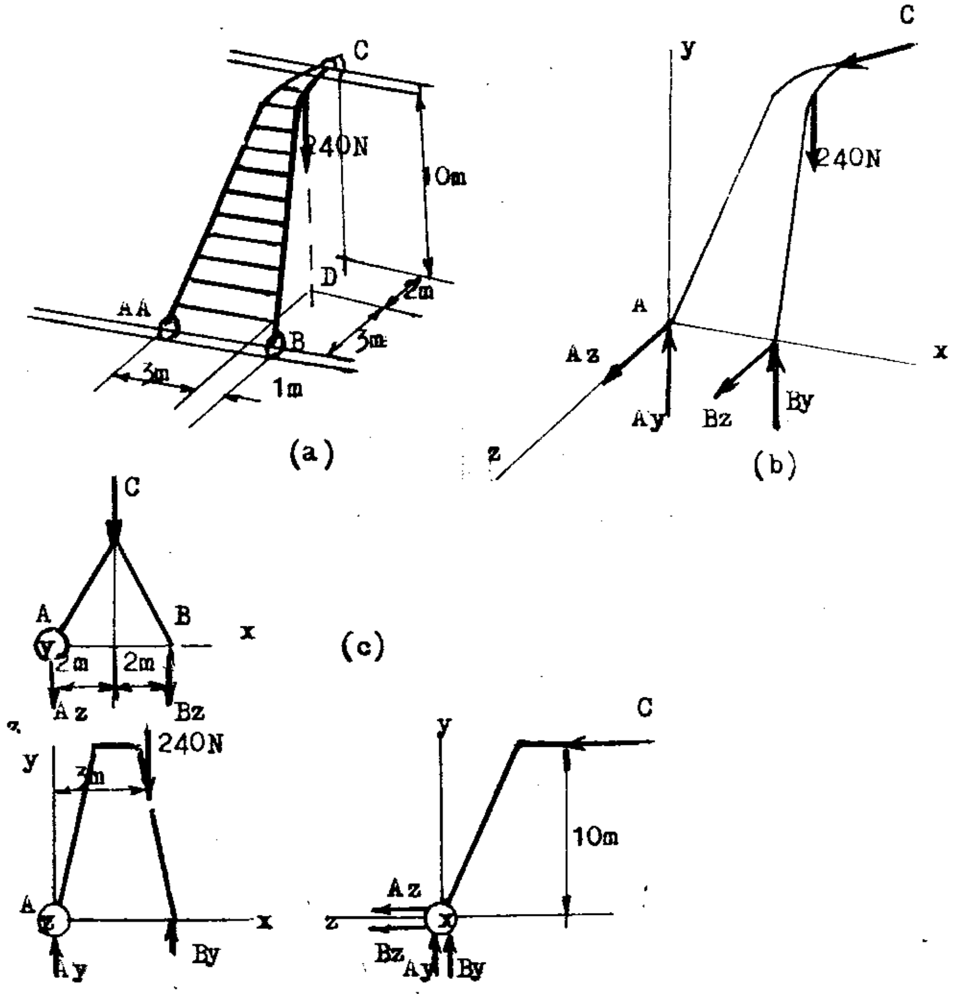
Satu kelompok dukungan termasuk engsel dan bantalan yang dirancang untuk mendukung beban radial saja (luncur dan gelinding). Reaksi bantalan ini terdiri atas 2 komponen gaya dan 2 kopel. Kelompok yang lain yang termasuk dukungan pin dan braket, engsel dan bantalan yang dirancang untuk mendukung dorongan pada sumbu dan beban radial (bantalan peluru). Reaksi bantalan ini terdiri atas 3 komponen gaya, tetapi bisa juga termasuk 2 kopel, namun dukungan serupa ini tidak akan menimbulkan kopel yang besar pada kondisi normal.

Setelah digambarkan diagram free body, dengan menunjukan semua gaya yang bekerja, serta gunakan system proyeksi datar, kemudian aplikasikan persamaan (4.1) sampai (4.6). Disini kita akan mendapatkan 6 besaran yang belum diketahui. Pada keenam persamaan tersebut, memang tidak dapat lagi ditambah dengan faktor lain, tetapi kita dapat disubstitusikan harga satu persamaan kepersamaan lainnya, dengan demikian kita dapat menyelesaikan permasalahan dalam ruang ini.

Contoh soal 4.3.

Sebuah tangga dipakai untuk menjangkau rak buku yang tinggi di suatu perpustakaan. Tangga tersebut didukung oleh

2 buah roda bersirip A dab B yang terpasang pada rel, dan satu roda tak bersirip di titik C, yang bersandar pada suatu rel tetap pada dinding. Tangga tersebut akan mendukung beban maksimum seberat 140 N, yang disandarkan kekanan. Garis aksi gabungan **berat** beban dan berat tangga 240 N berpotongan dengan lantai di titik D. Tentukanlah komponen reaksi di A, B dan C. Lihat gambar 4.9a.



Gambar 4.9. Sebuah tangga dengan 3 tumpuan.

Jawab :

Setelah diagram free body digambarkan, kemudian gunakan persamaan kesetimbangan :

$\sum Mx = 0,$

$-240 . 2 + C . 10 = 0$

$C = 48$ N.

Pedomanilah proyeksi pada bidang xy, kita dapat menghitung sebagai berikut :

$\sum MA = 0,$

$- 240 . 3 + By . 4 = 0$

$By = 180$ N

$\sum MB = 0,$

$240.1 - Ay . 4 = 0$

$Ay = 60$ N

Pedomanilah proyeksi pada bidang xz harga yang lain dapat dihitung sebagai berikut :

$\sum MA = 0,$

$- 48 . 2 - Bz . 4 = 0$

$Bz = - 24$ N

$\sum MB = 0,$

$48 . 2 + Az . 4 = 0$

$Az = - 24$ N

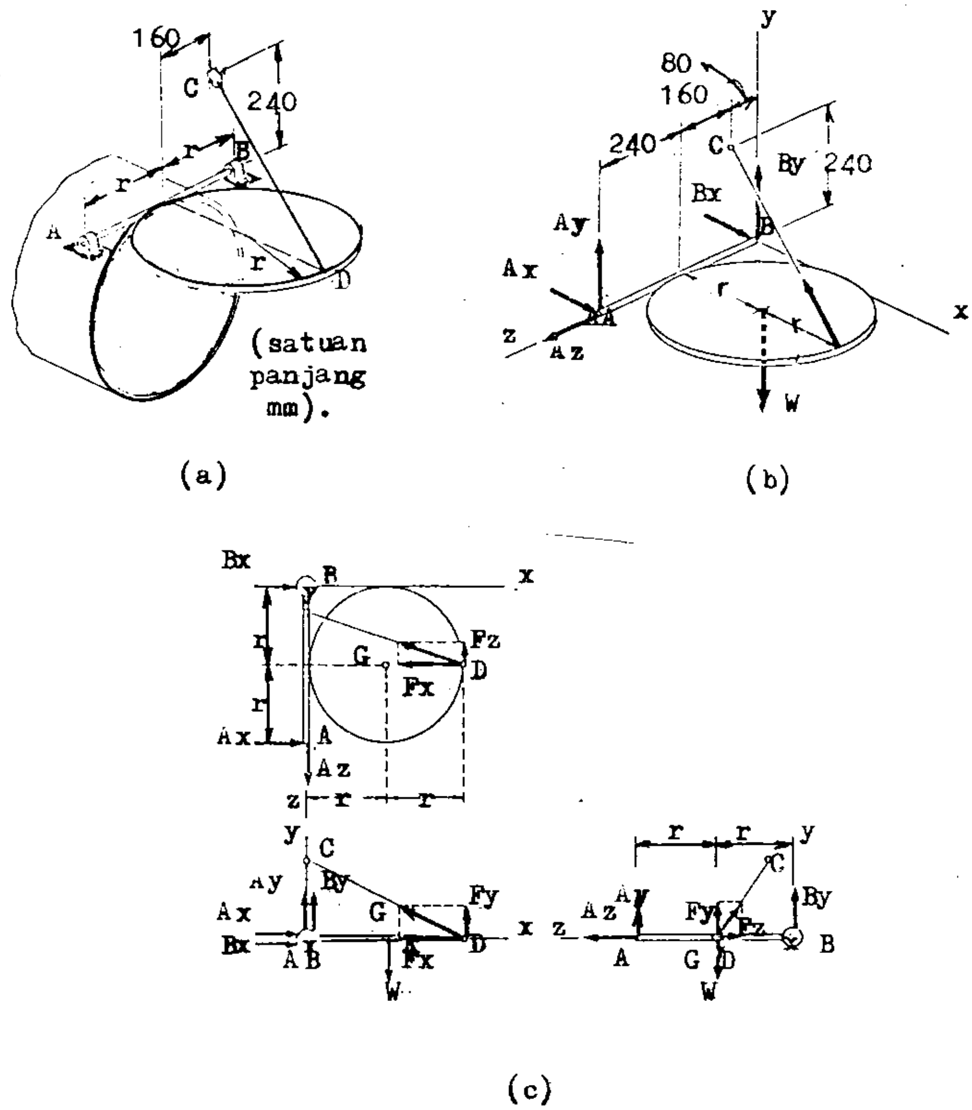
Pada masalah ini tampaknya semua proyeksi gaya yang sejajar dengan sumbu x sama dengan nol.

Contoh soal 4.4.

Penutup sebuah drum berjari-jari 240 mm, dengan massa 30 kg yang digantung dalam posisi horizontal oleh tali CD. Bantalan B tidak menimbulkan dorongan sumbu. Tentukanlah gaya yang bekerja pada tali CD, serta komponen reaksi A dan B. Lihat gambar 4.10a.

Jawab :

Pertama-tama lukis diagram free body. Reaksi mengandung enam besaran yang belum diketahui yaitu besar gaya F yang ditimbulkan tali CD, tiga komponen gaya pada engsel A dan dua pada engsel B. Komponen gaya F dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut :



Gambar 4.10. Tutup sebuah drum tergantung pada posisi horizontal.

$$\frac{F_x}{-480} = \frac{F_y}{240} = \frac{F_z}{-160} = \frac{F}{560}$$

$$F_x = -\frac{6F}{7}, \quad F_y = \frac{3F}{7}, \quad F_z = -\frac{2F}{7}$$

Berat tutup drum :

$W = 30 \cdot 9{,}81 = 294$ N.

Gunakan persamaan kesetimbangan :

$\sum M_z = 0,$

$$\frac{3F}{7}(2r) - 294 \cdot r = 0$$

$$F = 343 \text{ N.}$$

$\sum Mx = 0,$

$$294 \cdot r - \frac{3F}{7} \cdot r - Ay \cdot 2r = 0.$$

$$Ay = 73{,}5 \text{ N}$$

$\sum My = 0,$

$$\frac{2F}{7} \cdot 2r - \frac{6F}{7} \cdot r + Ax \cdot 2r = 0$$

$$Ax = 49 \text{ N.}$$

$\sum Fx = 0,$

$$Ax + Bx - \frac{6F}{7} = 0$$

$$Bx = 245 \text{ N.}$$

$\sum Fy = 0,$

$$Ay + By + \frac{3F}{7} - 294 = 0$$

$$By = 73{,}5 \text{ N}$$

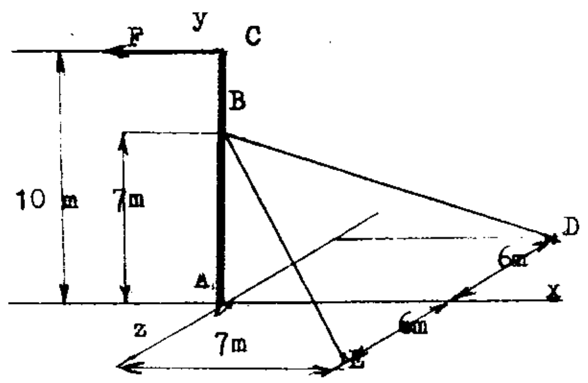
$\sum Fz = 0,$

$$Az - \frac{2F}{7} = 0$$

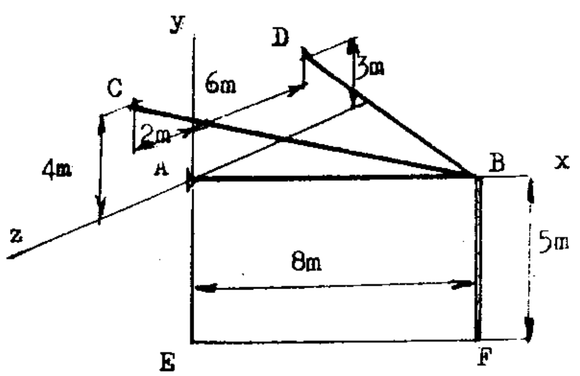
$$Az = 98 \text{ N.}$$

Soal-soal.

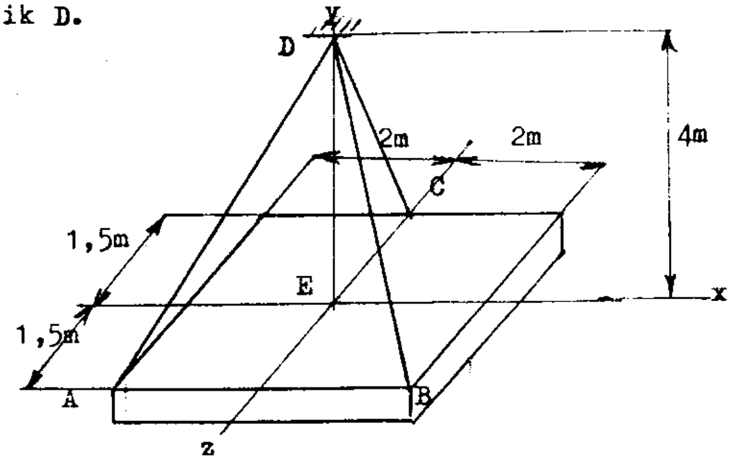
1. Gaya sebesar 100 kN beraksi pada puncak sebuah tiang setinggi 10 m, seperti tergambar. Tiang tersebut didukung oleh bantalan peluru dan soket di titik A, dan diskor oleh dua utas tali BD dab BE. Dalam hal ini berat tiang diabaikan. Tentukanlah gaya yang bekerja pada masing-masing tali BD dab BE serta reaksi di titik A.



2. Sebuah papan nama berukuran 5 x 8 m, dengan berat 100 kN. di gantungkan seperti tergambar. Penggantung tersebut didukung oleh bantalan peluru dan soket di titik A, serta diskor oleh dua utas tali. Tentukanlah gaya yang bekerja pada masing-masing tali dan reaksi di titik A.



3. Sepotong besi dengan ukuran 3 x 2 m, digantungkan secara horizontal dengan 3 utas tali seperti tergambar. Jika berat besi tersebut 50kN, berapah gaya yang bekerja pada masing-masing tali tersebut, dan berapakah gaya bekerja pada titik D.



DAFTAR KEPUSTAKAAN

E. Russell Johnston, Jr. Mechanics For Engineers Statics. New York. Mc Graw-Hill International Book Company. 1976.

J. Hannah & M.J. Hiller. Mechanical Engineering Science..London. Pitman Publishing. 1977.

------- 0 -------