

BUKU AJAR STATIKA STRUKTUR

OLEH

AMIRSYAM NASUTION

UNIVERSITAS MEDAN AREA
BEKERJA SAMA DENGAN
PEMERINTAH PROPINSI SUMATERA UTARA
DINAS PENDIDIKAN
SUBDINAS PENDIDIKAN TINGGI
2009



BUKU AJAR

STATIKA STRUKTUR

Oleh :

Amirsyam nasution



**UNIVERSITAS MEDAN AREA
BEKERJASAMA DENGAN
PEMERINTAH PROPINSI SUMATERA UTARA
DINAS PENDIDIKAN
SUBDIS PENDIDIKAN TINGGI
2009**



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, atas rahmat dan hidayah-Nya, buku ajar ini dapat diselesaikan tepat waktu. Buku ajar ini diberi judul “STATIKA STRUKTUR” berisi materi-materi tentang; Gaya dan Sistem Gaya, Struktur, Gaya Dalam, Gesekan, dan Metoda Kerja Semu. Materi-materi ini merupakan bahan kuliah pada mata kuliah Statika Struktur semester II pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Pembuatan buku ajar ini dimaksudkan untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa dan dosen dalam rangka meningkatkan kualitas yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi. Buku ajar ini akan dipergunakan sebagai bahan acuan dan pendukung dalam proses belajar mengajar.

Selesainya penyusunan buku ajar ini atas kerja sama Universitas Medan Area dengan Pemerintah Propinsi Sumatera Utara Dinas Pendidikan Subdis Pendidikan Tinggi dan pembiayaannya bersumber dari APBD tahun 2009.

Penulis menyadari bahwa buku ajar ini masih jauh dari yang diharapkan, untuk itu diharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari para pembaca untuk perbaikan dan kesempurnaan buku ajar ini.

Penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada kepada Kepala Dinas Pendidikan Sumatera Utara Subdis Dikti atas perhatian, bantuan dan kerja samanya, kemudian kepada Rektor Universitas Medan Area serta pihak-pihak yang turut membantu dalam penyusunan buku ini.

Medan, Oktober 2009
Penyusun,

Amirsyam Nasution

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I GAYA DAN SISTEM GAYA	
1.1. Pendahuluan	1
1.2. Konsep dasar	1
1.3. Skalar dan Vektor	2
1.4. Perjumlahan Vektor	3
1.5. Hukum Newton	4
1.6. Sistem Satuan Internasional.....	5
1.7. Analisa Statika	8
1.8. Gaya	9
1.9. Komponen gaya	11
1.10 Momen	12
1.11. Kopel	14
1.12. Resultan	15
1.13. Keseimbangan	16
1.14. Diagram benda bebas	17
1.15. Tumpuan	18
1.16. Soal-soal	24
BAB II KERANGKA TEORI	
2.1. Pendahuluan	26
2.2. Truss Sederhana	29
2.3. Metoda Sambungan	29
2.4. Metoda Potongan	37
2.5. Truss Tidak Sederhana	38
2.6. Rangka	41
2.7. Rangka Batang Ruang	46

BAB III METODA PENELITIAN

3.1. Defenisi dan Pengertian	51
3.2. Gaya dalam pada ruang	51
3.3. Prosedur pembuatan diagram gaya dalam	54
3.4. Hubungan antara gaya geser dan Momen lentur	64
3.5. Soal-soal	66

BAB IV GESEKAN

4.1 Pendahuluan	68
4.2 Jenis-jenis Gesekan	68
4.3. Gesekan Kering	68
4.4. Baji	73
4.5. Sekrup	78
4.6. Bantalan Jurnal	84
4.7. Bantalan Dorong	88
4.8. Gesekan Roda Hambatan Gelinding	91

BAB V PRISIP KERJA SEMU

5.1. Konsep Dasar	94
5.2. Studi kasus Penyelesaian dengan Metoda kerja semu	94
5.3. Penyelesaian	95
5.4. Contoh-contoh penerapan	96
5.5. Efisiensi (studi kasus)	98

DAFTAR PUSTAKA	100
-----------------------------	------------

BAB I

GAYA DAN SISTEM GAYA

1.1. Pendahuluan

Mekanika adalah cabang ilmu fisika yang menjelaskan tentang benda yang berada dalam pengaruh gaya. Analisa bidang teknik, mekanika memegang peranan yang sangat penting. Pengembangan pengetahuan teknik, seperti misalnya kekuatan struktur, kekuatan mekanisme rangkaian batang, getaran, kekuatan mesin, analisa sistem dinamika, aliran fluida dan lain-lainnya memerlukan dasar mekanika.

Mekanika Teknik dapat dibagi dalam dua bagian besar, yaitu statika yang mempelajari keseimbangan benda akibat bekerjanya gaya dan dinamika yang mempelajari gerak benda akibat bekerjanya gaya. Dalam buku ini hanya akan dibahas terutama bagian statika saja. Dalam buku ini akan dikemukakan pengembangan hukum dan prinsip mekanika disertai dengan penerapannya. Hukum dan prinsip mekanika tersebut sebetulnya hanya sedikit saja jumlahnya, tetapi hukum dan prinsip tersebut mempunyai kemampuan penerapan yang sangat kuat dan luas, di samping metode yang digunakan dalam analisa mekanika dapat diterapkan pula dalam berbagai bidang teknik lainnya.

1.2. Konsep Dasar

Konsep dan defenisi berikut merupakan dasar untuk mempelajari mekanika, khususnya untuk mempelajari statika, yaitu :

Massa adalah ukuran kelembaman benda yang merupakan tahanan terhadap perubahan gerak.

Gaya adalah aksi suatu benda kepada benda lain. Suatu gaya menyebabkan benda cenderung bergerak searah dengan arah gaya. Gaya mempunyai titik tangkap, arah dan besar. Gaya merupakan besaran vektor.

Partikel adalah benda yang ukurannya mendekati nol, sehingga dapat dianalisa sebagai titik massa. Jika dimensi suatu benda dapat diabaikan relatif terhadap ukuran yang menyatakan posisinya, maka benda tersebut dapat

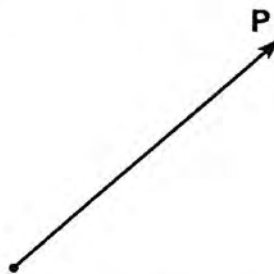
diperlakukan sebagai Partikel.

Benda kaku. Dalam suatu persoalan tertentu, suatu benda dapat dianggap kaku, jika gerak relatif antar bagiannya dapat diabaikan. Statika terutama mempelajari keseimbangan benda kaku akibat pengaruh gaya luar. Untuk menentukan nilai tegangan dan regangan, karakteristik lendutan benda harus dilibatkan. Analisa semacam itu termasuk bidang mekanika kekuatan material dan merupakan studi lanjut setelah statika.

1.3. Skalar dan Vektor

Dalam mekanika dikenal dua macam besaran, yaitu besaran skalar dan besaran vektor. Besaran skalar adalah besaran yang mempunyai ukuran besar saja. Contoh besaran skalar adalah waktu, luas, energi, massa dan lain-lain. Sedangkan besaran vektor adalah besaran yang disamping mempunyai besar, juga mempunyai arah. Penjumlahan vektor dilakukan dengan hukum penjumlahan jajaran genjang, seperti yang akan diterangkan kemudian. Contoh besaran vektor adalah kecepatan, gaya, momen dan lain-lainnya.

Suatu vektor **P** digambarkan sebagai suatu anak panah. Seperti diperlihatkan dalam gambar 1.1. Arah vektor dinyatakan dengan anak panah. Panjang potongan anak panah menunjukkan besar vektor tersebut. Dalam penulisan besaran vektor, disarankan untuk dibedakan antara besaran skalar dan besaran vektor. Dalam buku ini, lambang besaran vektor dituliskan dengan huruf kapital tebal, misalnya **P**. Lambang besaran yang dituliskan dengan huruf biasa menyatakan besaran skalar. Negatif dari vektor **P** adalah vektor $-\mathbf{P}$ yang berarah kebalikan dari arah vector **P**.



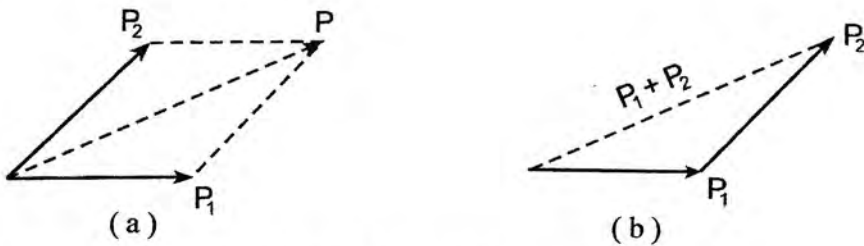
Gambar 1.1 Vektor P

1.4. Penjumlahan Vektor

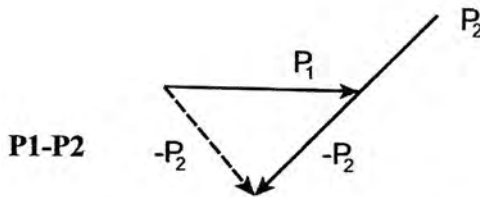
Penjumlahan vektor dilakukan dengan mengikuti hukum penjumlahan jajaran genjang. Penjumlahan P_1 dan P_2 yang menghasilkan P , dalam bentuk persamaan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P = P_1 + P_2$$

Penjumlahan tersebut diilustrasikan dalam gambar 1.2 a. Vektor P_1 dan P_2 digambarkan sebagai jajaran genjang dan P merupakan diagonal jajaran genjang tersebut. Untuk menyederhanakan gambar, penjumlahan vektor dapat dilakukan dengan menyambungkan P_2 pada ujung P_1 seperti terlihat pada gambar 1.2 b. Pengurangan vektor, $P_1 - P_2$ dapat dilakukan dengan menjumlahkan vektor $-P_2$ pada P_1 , seperti terlihat pada gambar 1.3.

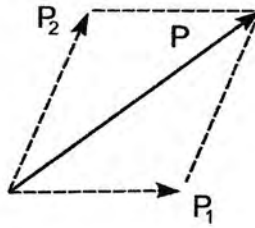


Gambar 1.2 Penjumlahan vektor.



Gambar 1.3 Pengurangan vektor.

Dua atau lebih vektor yang jumlahnya sama dengan suatu vektor P disebut komponen dari vektor tersebut. Pada gambar 1.4 vektor P_1 dan P_2 adalah komponen dari vektor P . Perhatikan bahwa dalam gambar 1.4 gambar garis untuk vektor komponen digambarkan berbeda dengan gambar garis untuk vektor jumlahnya.



Gambar 1.4 Komponen vektor.

1.5. Hukum Newton

Sir Isaac Newton merupakan orang pertama yang menyatakan secara teliti hukum dasar yang menerangkan gerak benda. Formulasi asli Newton dapat ditemukan dalam terjemahan dari tulisannya dalam Principia (1687) yang ditulis oleh F. Cajori, University of California Press, 1934. Hukum Newton tersebut adalah sebagai berikut :

Hukum I.

Suatu partikel tetap berada dalam keadaan diam atau selalu bergerak dengan kecepatan konstan, jika padanya tidak bekerja gaya yang tak seimbangan.

Hukum II

Percepatan suatu partikel berbanding lurus dengan resultan gaya yang bekerja padanya dan mempunyai arah yang sama dengan arah resultan gaya tersebut.

Hukum III

Gaya aksi dan gaya reaksi antar benda yang bersinggungan adalah sama besar, berlawanan arah, titik tangkapnya berada pada titik kontak dan garis kerjanya berada dalam satu garis lurus.

Hukum I dan III merupakan dasar untuk analisis statika, sedangkan hukum II dan III merupakan dasar untuk analisis dinamika.

Hukum Newton I merupakan hukum tentang keseimbangan gaya yang merupakan dasar analisa statika. Sesungguhnya, hukum I tersebut merupakan kasus khusus dari hukum II, yaitu bahwa jika resultan gaya yang bekerja pada partikel adalah nol, maka percepatan partikel akan nol, dan partikel akan diam atau bergerak dengan kecepatan konstan. Tetapi, hukum I tetap disebutkan, karena hukum tersebut merupakan pernyataan asli Newton. Hukum II merupakan dasar analisa dinamika. Dalam bentuk matematika, hukum II dapat ditulis sebagai :

$$a \propto F \text{ atau } a = F \times C \quad (1.1)$$

Dimana hal ini a adalah percepatan, F adalah gaya dan C adalah konstanta. Persamaan (1.1) dapat dituliskan sebagai :

$$F = m \cdot a \quad (1.2)$$

Dimana $m = 1/C$. Besaran m dalam persamaan (1.2) disebut massa. Hukum III Newton merupakan dasar untuk analisa mekanika, baik statika maupun dinamika. Hukum ini menerangkan gaya-gaya yang bekerja pada benda yang saling bersentuhan. Misalnya, gaya ke bawah yang dikerjakan oleh kaki kepada lantai akan disertai dengan adanya gaya ke atas yang sama besar dengan gaya yang dikerjakan oleh lantai kepada kaki. Pengertian Hukum III ini harus dikuasai benar. Kurangnya pemahaman mengenai hukum ini, seperti yang sering dilakukan oleh mereka yang baru mempelajari mekanika, akan menyebabkan kesalahan dalam analisa.

1.6. Sistem Satuan Internasional

Sistem satuan internasional yang disingkat SI (berasal dari singkatan *Systeme International d'Unites*), merupakan sistem satuan yang telah disepakati secara internasional untuk menggantikan satuan lainnya. Dengan adanya sistem internasional tersebut, kesulitan dan kesalahan yang dapat terjadi dari adanya berbagai macam sistem satuan dapat dihindari. Disamping itu, adanya kesamaan

satuan dan lambang satuan yang dipakai akan dapat mempermudah komunikasi informasi ilmu dan teknologi. Sistem satuan SI disarankan hanya untuk digunakan dalam bidang ilmu dan teknologi. Sistem satuan SI merupakan satuan dinamik. Dalam sistem satuan SI dikenal tiga macam satuan, yaitu satuan dasar, satuan turunan dan satuan tambahan. Pada tabel 1.1 ditunjukkan tujuh satuan dasar dalam sistem SI.

Lambang satuan distandarkan seperti terlihat pada table 1.1. Perhatikan penulisan huruf kapital dan huruf kecil dalam tabel tersebut. Dalam mekanika, hanya tiga besaran dasar pertama dalam tabel tersebut yang sering digunakan.

Tabel 1.1 Satuan Dasar Sistem SI

No.	Besaran	Satuan	Lambang
1	Massa	kilogram	kg
2	Panjang	meter	m
3	Waktu	sekon	s
4	Suhu	Kelvin	K
5	Arus Listrik	ampere	A
6	Intensitas Cahaya	candela	cd
7	Jumlah Zat	mole	mol

Tabel 1.2 Satuan turunan

No.	Besaran	Satuan Dasar	Satuan Turunan	Lambang Khusus
1	Kecepatan	m/s	-	-
2	Luas	m ²	-	-
3	Percepatan	m/s ²	-	-
4	Gaya	kg.m/s ²	Newton	N
5	Energi (gaya x jarak)	kg.m ² /s ²	Joule	J
6	Daya (energy / waktu)	kg.m ² /s ²	Watt	W
7	Tekanan (gaya / luas)	kg.m/s ²	Pascal	Pa
8	Momen	kg.m ² /s ²	N.m	-

Satuan turunan adalah satuan yang merupakan turunan dari satuan dasar. Banyak sekali besaran yang mempunyai satuan turunan. Tabel 1.2 diatas menunjukkan beberapa contoh satuan turunan. Beberapa satuan turunan diberi nama khusus untuk mempersingkat penulisan.

Disamping satuan dasar dan satuan turunan terdapat satuan yang tidak dapat dikelompokkan ke dalam satuan dasar maupun ke dalam satuan turunan. Satuan tersebut disebut satuan tambahan. Hanya terdapat dua buah satuan tambahan saja seperti terlihat dalam tabel 1.3. Ciri satuan tambahan adalah bahwa satuan tersebut dapat muncul atau hilang begitu saja. Misalnya saja perhatikan partikel berputar dengan kecepatan putar ω sebesar 1 radial/s, jika jarak partikel ke pusat putaran adalah R sebesar 1 m, maka kecepatan translasi partikel tersebut adalah :

$$V = \omega \cdot R = 1 \text{ rad/s} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ m/s}$$

Jika misalkan partikel tersebut mempunyai kecepatan translasi sebesar 10 m/s, maka kecepatan sudutnya adalah :

$$\omega = V/R = 10 \text{ m/s} : 1 \text{ m} = 10 \text{ rad/s}$$

Tabel 1.3 Satuan Tambahan

No	Besaran	Nama	Lambang
1	Sudut bidang	radian	rad
2	Sudut ruang	steradian	st

Dari contoh diatas terlihat bahwa satuan rad dapat hilang atau muncul begitu saja, sehingga satuan tersebut tidak dapat dikelompokkan ke dalam satuan turunan. Karena satuan tersebut bukan pula satuan dasar, maka satuan tersebut dikelompokkan tersendiri, yaitu satuan tambahan.

Dalam satuan sistem SI dikenal awalan untuk memperbesar atau memperkecil satuan dengan kelipatan desimal. Tabel 1.4 menunjukkan beberapa

awalan beserta arti dan lambangnya. Lambang awalan dituliskan di depan lambang satuan tanpa spasi, misalnya kN, mm, MW dan lain-lainnya. Penulisan dua atau lebih awalan berturut-turut tidak diperbolehkan. Jadi 10^{-2} mm tidak boleh dituliskan sebagai 1 cm. Disamping itu, penulisan yang dapat memberikan arti ganda harus dihindari. Misalnya satuan momen tidak dituliskan kedalam satuan mN, tetapi sebaiknya Nm, karena mN dapat diartikan milli Newton. Awalan dan berbagai lambang satuan dituliskan tanpa spasi, misalnya kW, kWh, J/s, kN/m² dan seterusnya.

Tabel 1.4 Awalan dalam Sistem SI

No.	Awalan	Lambang	Arti
1	mikro	μ	10^{-6}
2	mili	m	10^{-3}
3	centi	c	10^{-2}
4	kilo	k	10^3
5	Mega	M	10^6
6	Giga	G	10^9

1.7. Analisa Statika

Analisis statika bertujuan untuk mengetahui besar gaya yang bekerja pada struktur, dan dimulai dengan membangun model fisik dari struktur yang dipelajari. Model fisik tersebut berupa gambar struktur dengan semua gaya yang bekerja padanya, kemudian dan model fisik tersebut dibuat model matematikanya. Model matematika tersebut dibuat berdasarkan hukum alam yang mengatur keadaan struktur tersebut, hukum alam yang digunakan dalam mekanika statika adalah : *hukum Newton*. Pembentukan model fisik merupakan langkah yang sangat menentukan, kesalahan pembentukan model fisik yang benar memerlukan latihan dan kecermatan. Seringkali model fisik hanya merupakan model pendekatan dari

persoalan yang sebenarnya, banyak anggapan yang diambil dalam pembentukan model fisik. Misalnya beban atau reaksi tumpuan digambarkan sebagai gaya yang bertitik tangkap di satu titik, sesungguhnya tidak ada beban atau reaksi yang berupa gaya yang terkonsentrasi. Beban atau reaksi tersebut sesungguhnya bekerja pada suatu luas tertentu, tetapi karena luas tersebut kecil maka luas tersebut diabaikan dan beban atau gaya reaksi tersebut dianggap sebagai gaya terkonsentrasi. Anggapan lain yang sering diambil adalah pengabaian adanya gesekan pada tumpuan.

Dalam model matematika pun seringkali dilakukan pendekatan, pendekatan tersebut dilakukan misalnya dengan mengabaikan jarak, sudut ataupun gaya yang kecil dibandingkan dengan jarak, sudut atau gaya yang besar. Anggapan yang digunakan tergantung informasi dan ketelitian tingkat ketelitian yang diinginkan. Kemampuan untuk membuat anggapan, baik anggapan dalam pembentukan model fisik maupun anggapan dalam penyusunan model matematika merupakan kemampuan yang sangat penting bagi ahli teknik.

Analisa statika dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu : secara grafis, analitik dan cara numerik. Cara grafis memungkinkan penggambaran sistem fisik dalam diagram, cara tersebut dapat menunjukkan hubungan fisika secara jelas dan seringkali dapat digunakan untuk mempermudah penyelesaian persoalan. Cara analitik dilakukan dengan penyusunan model matematik berdasarkan hukum alam yaitu hukum Newton, penyelesaiannya dilakukan secara manual mengikuti dalil matematika. Cara numerik dilakukan dengan bantuan komputer, pemakaian komputer dapat membantu penyelesaian sistem persamaan dengan banyak besaran yang tidak diketahui atau penyelesaian persoalan dengan data yang banyak berulang. Pemilihan cara penyelesaian yang tepat dapat diperoleh melalui pengalaman penyelesaian soal.

1.8. Gaya

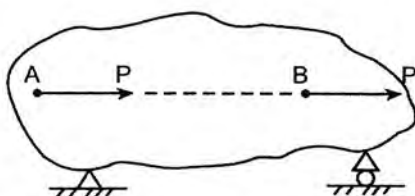
Spesifikasi lengkap gaya adalah besar, arah dan titik tangkapnya. Karena itu, gaya merupakan besaran vektor dan penjumlahannya mengikuti dalil jajaran genjang seperti yang telah dikemukakan diatas. Gaya dapat bekerja dengan cara

kontak langsung atau dengan aksi jarak jauh, gaya gravitasi dan gaya magnet merupakan contoh aksi gaya jarak jauh. Semua gaya lainnya bekerja melalui cara kontak langsung.

Gaya dapat berupa gaya terkonsentrasi atau gaya terdistribusi. Sesungguhnya setiap gaya kontak bekerja pada suatu luas tertentu dan dengan demikian berupa gaya terdistribusi. Tetapi jika ukuran luas kontak tersebut sangat kecil dibandingkan dengan ukuran lainnya, maka gaya tersebut dapat dianggap sebagai gaya yang terkonsentrasi pada satu titik, gaya berat, gaya tekanan fluida dan gaya magnet merupakan contoh gaya terdistribusi.

Pada benda yang dibebani, gaya yang bekerja dapat dikelompokkan dalam gaya luar dan gaya dalam. Gaya luar adalah gaya yang bekerja pada permukaan benda. Sedangkan gaya dalam adalah gaya yang bekerja di dalam benda. Gaya beban dan gaya reaksi tumpuan merupakan gaya luar.

Gambar 1.5. menunjukkan suatu benda kaku yang ditumpu dan dibebani dengan suatu gaya P yang bekerja di A . Terlihat bahwa efek luar yang berupa gaya reaksi tumpuan akan sama jika gaya P tersebut dipindahkan ketempat lain disepanjang garis kerjanya, misalnya dipindahkan ke B . Kenyataan tersebut disebut dalil Transmisibilitas yang dapat dituliskan sebagai berikut.



Gambar 1,5 Transmisibilitas gaya

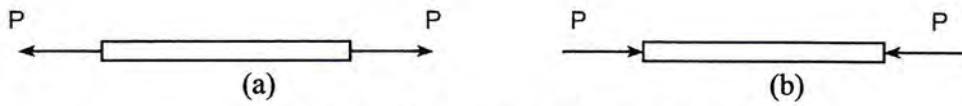
Dalil Tansmisibilitas

Gaya luar pada benda kaku dapat dikerjakan pada sembarang titik pada garis kerjanya tanpa mengubah efek luar pada benda tersebut.

Dengan demikian, jika misalnya hanya reaksi tumpuan saja yang dipelajari, maka dalil transmisibilitas tersebut dapat dipergunakan, yaitu bahwa gaya luar

dapat digeser disepanjang garis kerjanya.

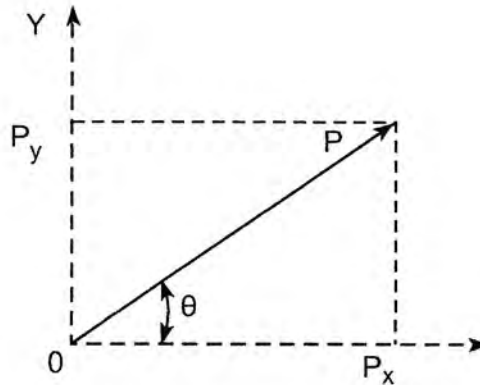
Harap diperhatikan bahwa dalil transmisibilitas tersebut tidak boleh digunakan dalam pembahasan efek dalam. Perhatikan misalnya gambar 1.6 : gambar 1.6a yang memperlihatkan sebuah batang yang dibebani dengan dua buah gaya P , Jika gaya P sebelah kiri dipindahkan keujung kanan dan gaya P sebelah kanan dipindahkan keujung kiri, keadaan benda menjadi seperti ditunjukkan pada gambar 1.6 b.



Gambar 1.6 Batang tarik dan batang tekan

1.9. Komponen Gaya

Suatu gaya dapat diuraikan menjadi komponen tegak lurus (sumbu - x dan sumbu - y). Komponen tegak lurus akan mewakili gaya semula seperti terlihat pada gambar 1.7 berikut ini.



Gambar 1.7 Komponen gaya tegak lurus

P_x adalah komponen gaya tegak lurus dari P pada sumbu - x. P_y adalah komponen gaya tegak lurus dari P pada sumbu -y. Dengan memperhatikan gambar 1.7, terlihat bahwa hubungannya adalah:

$$P_x = P \cos \theta$$

$$P_y = P \sin \theta$$

Sedangkan besar gaya $P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$ dan $\theta = \arctan P_y/P_x$ (1.3)

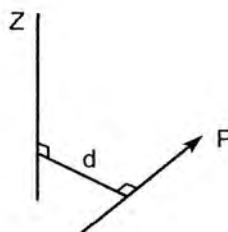
Dengan demikian gaya P dapat diwakili gaya P_x dan P_y . Sudut θ adalah kemiringan gaya P terhadap sumbu-x.

1.10. Momen

Gaya selain dapat menyebabkan benda bergerak translasi, juga dapat menyebabkan gerak rotasi terhadap sembarang sumbu yang tegak lurus dan tidak memotong garis kerja gaya tersebut. Kecenderungan yang dapat menyebabkan gerak rotasi tersebut disebut momen dari gaya tersebut terhadap sumbu yang ditentukan.

Gambar 1.8 menunjukkan gaya P yang bekerja pada suatu bidang. Gaya tersebut menyebabkan tendensi benda untuk berputar terhadap suatu sumbu misalnya sumbu-z. Besar momen gaya terhadap z didefinisikan sebagai :

$$M = P \times d \quad (1.4)$$



Gambar 1.8 Vektor Momen

Momen tersebut merupakan vektor yang tegak lurus terhadap benda. Arah momen didefinisikan dengan aturan tangan kanan. Aturan itu menyatakan bahwa jika tangan kanan menggunakan dengan ke empat jarinya diarahkan sesuai arah

momen, maka arah vektor momen adalah sesuai dengan arah yang ditunjuk ibu jari. Dengan aturan tersebut, arah momen ditunjukkan dalam gambar 1.8. Penjumlahan momen mengikuti dalil penjumlahan vektor. Dalam sistem satuan SI, satuan momen adalah Nm.

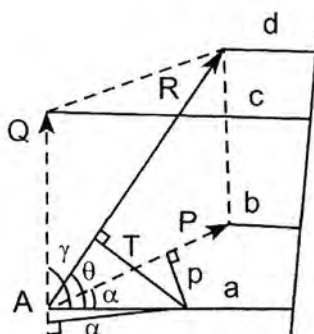
Dalam pembahasan gaya sebidang, biasanya dikatakan momen terhadap suatu titik. Tetapi sesungguhnya adalah momen terhadap sumbu yang tegak lurus bidang dan melalui titik yang bersangkutan. Karena vektor momen gaya sebidang mempunyai arah yang sama, maka penjumlahannya dapat dilakukan dengan cara penjumlahan skalar dengan pemilihan tanda yang konsisten. Tanda momen tersebut misalnya adalah positif untuk momen yang berarah kebalikan arah jarum jam dan negatif untuk arah sebaliknya.

Dalil Momen atau Varignon

Dalam sistem gaya sebidang, momen suatu gaya terhadap suatu titik adalah sama dengan jumlah momen dari komponen gaya tersebut terhadap titik yang sama.

Untuk membuktikan dalil tersebut, lihat gambar 1.9. Dalam gambar tersebut, gaya R diuraikan menjadi P dan Q . Sembarang titik O dipilih sebagai pusat momen. Dalil Varignon menyatakan bahwa

$$R \cdot r = P \cdot p + Q \cdot q \quad (1.5)$$



Gambar 1.9. Sistem gaya

Pada gambar 1.9 dibuat suatu garis yang tegak lurus garis OA. Vektor gaya dan komponennya diproyeksikan pada garis tersebut, dari geometri dengan mudah dapat dilihat :

$$\overline{ac} = \overline{bd} \text{ sehingga } \overline{ad} = \overline{ab} + \overline{bd} = \overline{ab} + \overline{ac}$$

atau

$$R \sin \gamma = P \sin \alpha + Q \sin \beta$$

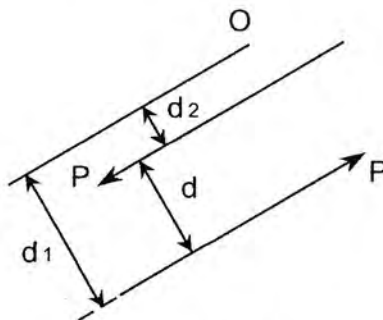
Dengan dikalikan dengan jarak OA diperoleh

$$R \cdot \overline{OA} \sin \gamma = P \cdot \overline{OA} \sin \alpha + Q \cdot \overline{OA} \sin \beta \quad \text{atau} \quad \mathbf{R \cdot r = P \cdot p + Q \cdot q}$$

Dalil Varignon tidak terbatas pada kasus dua komponen saja, tetapi juga berlaku pada kasus banyak komponen, karena banyak komponen selalu dapat dikombinasikan menjadi dua komponen.

1.11. Kopel

Kopel adalah momen yang disebabkan oleh gaya sejajar yang saling berlawanan arah. (lihat gambar 1.10.)



Gambar 1.10. Kopel

Gambar di atas menunjukkan dua gaya sejajar yang saling berlawanan arah. Momen kedua gaya tersebut terhadap sembarang titik, misalnya terhadap titik O dapat dituliskan sebagai:

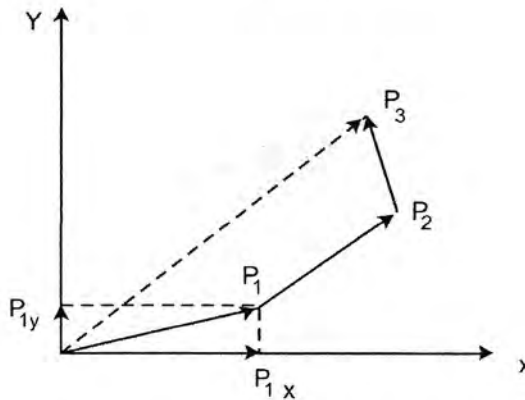
$$M_o = P.d_1 - P.d_2 = P (d_1 - d_2) \quad \text{atau} \quad M_o = P.d$$

Terlihat bahwa momen kopel terhadap sembarang titik adalah sama, tidak tergantung letak titik tersebut, dan besarnya adalah besar gaya dikalikan dengan jarak antara kedua gaya tersebut.

1.12. Resultan

Resultan suatu sistem gaya sebidang adalah sebuah gaya yang dapat menggantikan sistem gaya tersebut dengan tanpa mengubah efek pada benda kaku tempat sistem gaya bekerja. Gambar 1.11 berikut menunjukkan hasil resultan dari tiga gaya P_1, P_2, P_3 .

Garis kerja resultan R dapat diperoleh dengan menggambar semua gaya dalam arah yang benar secara menyambung dengan urutan yang sembarang.

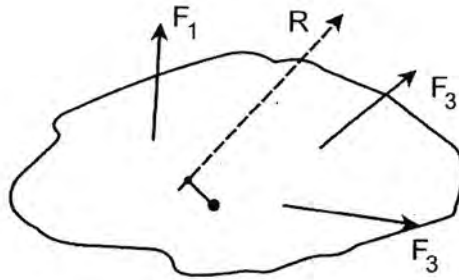


Gambar 1.11. Resultan gaya

Dari gambar 1.11. di atas diperoleh hubungan penjumlahan vektor gaya $R = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = \sum P$ sedangkan : $R_x = \sum P_x$ dan $R_y = \sum P_y$.

Sehingga $R = \sqrt{\sum P_x^2 + \sum P_y^2}$ dan besar sudut kemiringan R terhadap sumbu-x adalah : $\theta \text{ arc. tan } \frac{\sum P_y}{\sum P_x}$ (1.6)

Dengan menggunakan dalil Varignon letak dan besar resultan dapat ditentukan seperti pada gambar 1.12 berikut :



Gambar 1.12. Resultan Gaya

Gambar di atas menunjukkan bahwa R adalah resultan dari sistem gaya. Panjang d dapat dihitung dari hubungan : $R \cdot d = \sum M_o$ dengan demikian maka :

$$R_x = \sum P_y \quad \text{sehingga} \quad R \cdot d = \sum M_o \quad (1.7)$$

1.13. Keseimbangan

Keseimbangan gaya merupakan bagian yang sangat penting dalam analisa statika struktur. Prosedur dan pendekatan yang dikemukakan dalam bab ini merupakan dasar dalam penguasaan statika dan harus dipahami dengan baik, konsep gaya, momen, kopel dan resultan, serta dalil momen yang telah dibahas akan selalu digunakan dalam pengembangan keseimbangan.

Suatu benda dalam keadaan seimbang jika resultan gaya dan momen yang bekerja pada benda tersebut nol. Syarat keseimbangan tersebut dapat dituliskan sebagai :

$$R = \sum P = 0 \quad \text{dan} \quad M = \sum M = 0 \quad (1.8)$$

Persamaan di atas disebut persamaan keseimbangan. Dalam penyelesaian soal secara analitis, gaya diuraikan dalam kelompok tegak lurus, misalnya dalam sumbu-x dan sumbu-y sembarang yang saling tegak lurus. Pemilihan sumbu adalah sedemikian sehingga penyelesaian menjadi mudah. Dengan penguraian gaya dalam kedua sumbu tersebut, persamaan keseimbangan menjadi :

$$\sum P_x = 0 \quad \sum P_y = 0 \quad \sum M = 0 \quad (1.9)$$

Persamaan 1.9 di atas merupakan persamaan keseimbangan sistem gaya dua dimensi, sedangkan persamaan keseimbangan sistem gaya tiga dimensi dapat dituliskan sebagai :

$$\begin{array}{lcl}
 \sum P_x = 0 & & \sum M_x = 0 \\
 \sum P_y = 0 & \text{dan} & \sum M_y = 0 \\
 \sum P_z = 0 & & \sum M_z = 0
 \end{array} \tag{1.10}$$

1.14. Diagram benda bebas

Sistem mekanika yang dipelajari dapat berupa benda tunggal atau gabungan beberapa benda. Pada suatu sistem mekanika yang seimbang, baik seluruh sistem maupun bagian dari sistem berada dalam keseimbangan. Analisa keseimbangan dapat dilakukan terhadap seluruh sistem atau terhadap suatu bagian dari sistem. Jika analisa keseimbangan sistem keseluruhan tidak dapat memberikan hasil, dapat dipertimbangkan analisa keseimbangan sebagian sistem. Karena itu, sebelum penerapan persamaan keseimbangan, perlu didefinisikan terlebih dahulu sistem yang dipelajari. Jika benda atau kumpulan benda yang akan dipelajari telah ditentukan, maka benda atau kumpulan benda tersebut diisolir dan dianggap sebagai benda tunggal. Selanjutnya, pada benda tunggal tersebut digambarkan semua gaya yang bekerja padanya. Gambar tersebut disebut diagram benda bebas. Penggambaran diagram benda bebas harus dilakukan dengan seksama. Kesalahan dalam penggambaran diagram benda bebas akan mengakibatkan kesalahan analisa. Setelah diagram benda bebas digambarkan, persamaan keseimbangan dapat diterapkan.

Gaya yang bekerja pada benda dapat berupa gaya kontak maupun gaya magnet. Gaya kontak dapat berupa gaya terkonsentrasi atau gaya terdistribusi. Kalau hanya gaya luar saja yang dipelajari, dalil transmisibilitas gaya dapat digunakan dalam penggambaran diagram benda bebas. Disamping itu, kalau dalam analisa gaya luar saja, gaya berat pada benda dapat diwakili oleh resultan gaya berat yang bertitik tangkap pada titik berat benda. Penggambaran diagram benda

bebas dapat dilakukan melalui dua langkah utama berikut :

- Langkah 1 : Memilih benda atau kumpulan benda yang diisolir
- Langkah 2 : Menggambarkan semua gaya yang bekerja pada benda yang diisolir. Gaya dapat berupa gaya atau momen. Gaya dapat berasal dari beban, gaya kontak dengan benda lain yang dilepaskan dari benda yang ditinjau, atau dari gaya magnet.

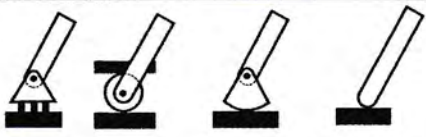


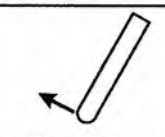

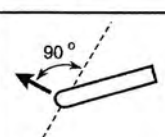
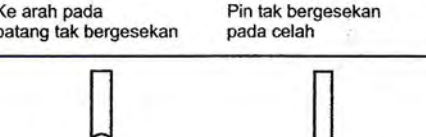


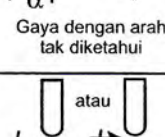
Kesalahan penggambaran dengan diagram benda bebas akan menyebabkan kesalahan perhitungan. Karena itu ketrampilan penggambaran benda bebas harus selalu dilatih.

1.15. Tumpuan

Untuk menjaga keseimbangan benda, benda ditumpu. Jenis tumpuan sistem serta dimensi dan gaya reaksinya, diperlihatkan dalam gambar 1.13. Kolom kedua gambar 1.13 memperlihatkan gambar gaya reaksi yang diberikan oleh tumpuan kepada benda. Dalam penggambaran gaya reaksi perlu diperlihatkan hal-hal berikut :

- a. Gaya tali berarah sesuai sumbu tali, karena tali hanya bisa menerima gaya tarik saja, maka gaya reaksi pada benda bertitik tangkap pada pengikat tali dan berarah menjauhi benda.
- b. Gaya reaksi tumpuan yang berupa batang kaku berarah sumbu penumpu, karena batang penumpu hanya bisa menahan gaya yang searah sumbunya, dalam hal ini gesekan engsel diabaikan.
- c. Tumpuan rol memberikan gaya reaksi yang berarah tegak lurus bidang tumpuan.
- d. Tumpuan luncur memberikan gaya reaksi yang berarah tegak lurus bidang tumpuan.
- e. Tumpuan engsel tetap dapat memberikan reaksi gaya yang berarah kemana saja. Karena itu gaya reaksi dapat digambarkan dalam komponen tegak lurus.

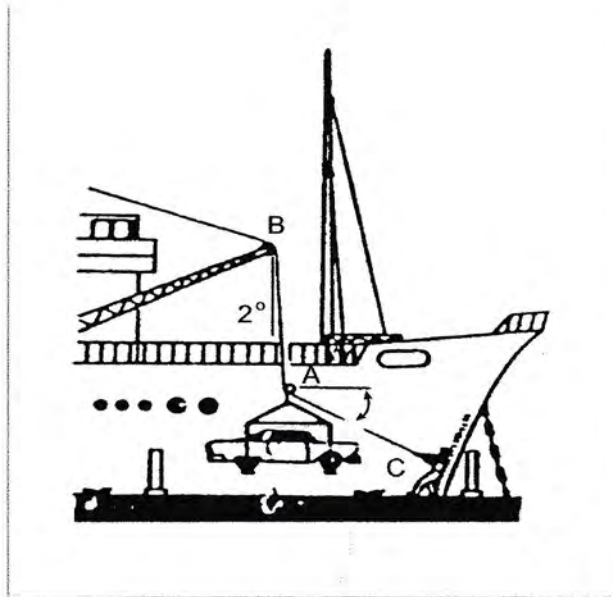
- f. Tumpuan jepit dapat memberikan reaksi gaya yang berarah kemana saja dan reaksi momen.

Dukungan atau sambungan	Reaksi	Besaran takdiketahui
 <p>Gelindingan Goyangan Permukaan tak bergesekan</p>	 <p>Gaya dengan garis aksi yang diketahui</p>	1
 <p>Kabel pendek penghubung pendek</p>	 <p>Gaya dengan garis aksi yang diketahui</p>	1
 <p>Ke arah pada batang tak bergesekan Pin tak bergesekan pada celah</p>	 <p>90° Gaya dengan garis aksi yang diketahui</p>	1
 <p>Pin tak bergesekan atau engsel tak bergesekan Permukaan kasar</p>	 <p>atau α Gaya dengan arah tak diketahui</p>	2
 <p>Dukungan tetap</p>	 <p>atau α Gaya dari kopel</p>	3

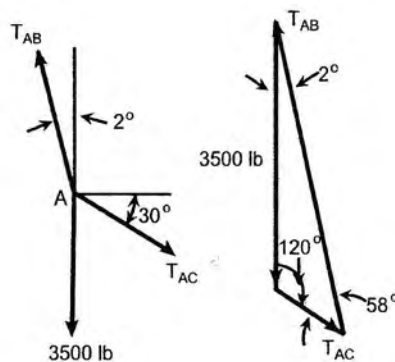
Gambar 1.13 Jenis-jenis tumpuan

Contoh soal 1.1 :

Dalam suatu operasi bongkar muat kapal 1 unit mobil yang beratnya 3500 lb, diangkat oleh seutas kabel. Seutas tali diikatkan pada kabel tersebut dititik A dan ditarik agar mobil sampai ditempat yang dikehendaki. Sudut antara kabel dan arah vertikal adalah 2° sedang sudut antara tali dan arah horisontal 30° , berapa tegangan tali tersebut .



Penyelesaian :



Titik A dipilih sebagai benda bebas, diagram benda bebas kemudian digambarkan, T_{AB} merupakan tegangan pada kabel AB, sedangkan T_{AC} pada tali. Kondisi seimbang, Karena hanya terdapat 3 gaya yang bekerja pada benda, bebas, kita tuliskan segitiga gaya untuk menyatakan keadaan seimbang.

Dengan rumus sinus kita tulis:

$$\frac{T_{AB}}{\sin 120^\circ} = \frac{T_{AC}}{\sin 2^\circ} = \frac{3500lb}{\sin 58^\circ}$$

$$\frac{T_{AB}}{\sin 120^\circ} = \frac{3500lb}{\sin 58^\circ} \rightarrow T_{AB} = \frac{3500lb \cdot \sin 120^\circ}{\sin 58^\circ}$$

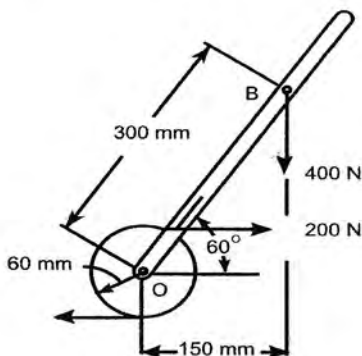
$$T_{AB} = 3570lb$$

$$\frac{T_{AC}}{\sin 2^\circ} = \frac{3500lb}{\sin 58^\circ} \rightarrow T_{AC} = \frac{3500lb \cdot \sin 2^\circ}{\sin 58^\circ}$$

$$T_{AC} = 144lb$$

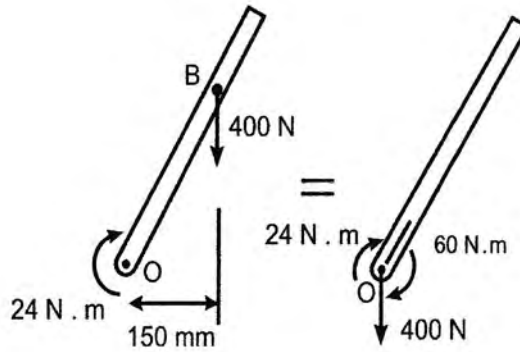
Contoh soal 1.2 :

Gantilah kopel dan gaya yang tergambar disamping dengan gaya tunggal ekuivalen yang diterapkan pada lengan. Tentukan jarak dari poros ke titik tangkap dari gaya ekuivalen ini.



Penyelesaian :

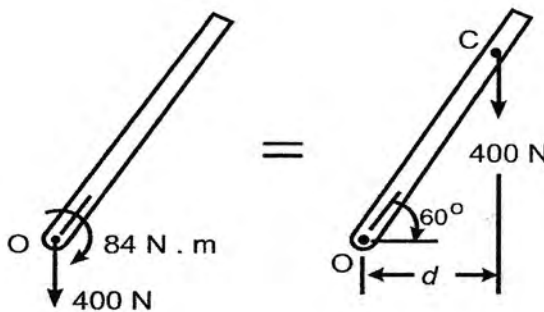
Mula-mula kita ganti gaya dan kopel yang diketahui dengan sistem gaya kopel yang ekivalen di O disertai dengan penjumlahan momen kopel yang sama dengan momen gaya pada kedudukan semula terhadap O yaitu ;



$$M_{o2} = -(400\text{N})(0,150\text{m}) = -60 \text{ Nm} \Rightarrow M_{o2} = 60 \text{ Nm}$$

Kopel oleh gaya 200 N

$$M_{o1} = -(200\text{N})(0,12\text{m}) = -24\text{Nm} \Rightarrow M_{o1} = 24 \text{ Nm}$$



Kopel ini dijumlahkan pada kopel semula sebesar 24 Nm. Dalam arah jarum jam yang dibentuk oleh kedua gaya 200 N dan kopel 84 Nm. dalam arah jarum jam diperoleh. Sekarang kita pindahkan gaya 400 N ke kanan pada jarak d sedemikian sehingga momen gaya terhadap O ialah 84 Nm. searah jarum jam :

$$84.Nm = (400N)d \Rightarrow d = 0,210m = 210mm$$

Gaya tunggal ekuivalen, atau resultan terikat pada titik C; pada tempat itu garis aksinya berpotongan dengan lengan itu

$$(OC)\cos 60^\circ = 210mm$$

Jawaban alternatif :

Karna efek kopel tak bergantung dari kedudukannya, kopel 24 Nm searah jarum jam dapat dipindahkan ke B; jadi kita peroleh suatu sistem gaya kopel di B. Sekarang kita pindahkan gaya 400 N dari B ke kanan pada jarak d^1 sedemikian sehingga momen gaya terhadap B ialah 24 Nm searah jarum jam.

$$24 Nm = (400)d^1 \Rightarrow d^1 = 0,060m = 60mm$$

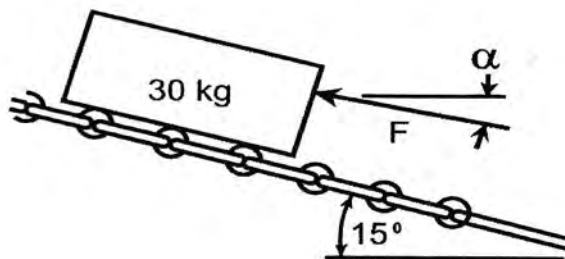
sekali lagi titik potong antara lengan dengan garis aksi ditentukan

$$(BC)\cos 60^\circ = 60mm \Rightarrow BC = 120mm$$

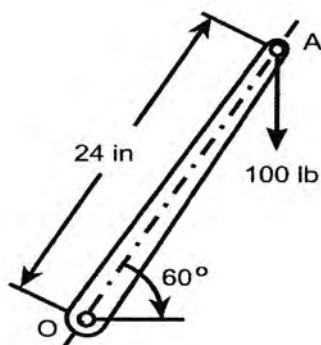
$$OC = OB + BC = 300mm + 120mm = 420mm.$$

soal-soal

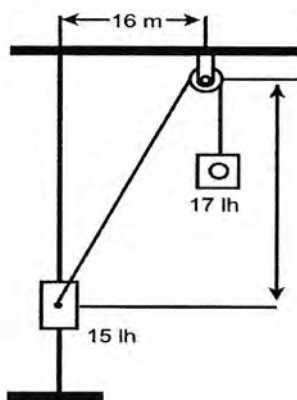
1. Tentukan besar dan arah gaya terkecil F , yang memungkinkan kotak berada dalam keadaan seimbang. Perlu dicatat bahwa gaya yang dikerjakan "rollers" pada kotak berarah tegak lurus pada bidang miring.



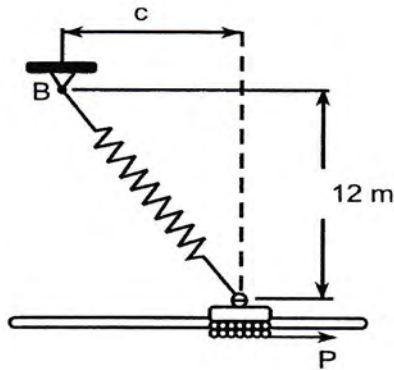
2. Gaya vertikal 100 lb diterapkan pada ujung lengan yang terikat pada poros di O. Tentukan (a) momen gaya itu terhadap O; (b) besar gaya horizontal yang diterapkan di A yang menimbulkan momen yang sama terhadap O; (c) gaya terkecil yang diterapkan di A yang menimbulkan momen yang sama terhadap O ; (d) berapa jauhnya dari poros sebuah gaya vertikal 240 lb harus beraksi untuk menimbulkan momen yang sama terhadap O; (e) terangkan apakah salah satu gaya yang diperoleh dalam bagian b,c, dan d ekuivalen dengan gaya semula.



3. Cincin A seberat 15 lb dapat meluncur pada batang vertikal tanpa gesekan dan dihubungkan dengan beban yang berlawanan C seberat 17 lb seperti terlihat pada gambar . Tentukan harga h sehingga rangkaian dalam keadaan seimbang.



4. Cincin A dapat meluncur dengan bebas pada suatu batang horisontal. Pegas yang dihubungkan dengan cincin tersebut mempunyai konstanta pegas yang harganya 10 lb/in dan pegas tersebut dalam keadaan tertekan bila cincin terletak dibawah penyanggah B. Tentukan besar gaya P yang diperlukan agar tercapai keadaan seimbang bila (a) $c = 9$ in ; (b) $c = 16$ in

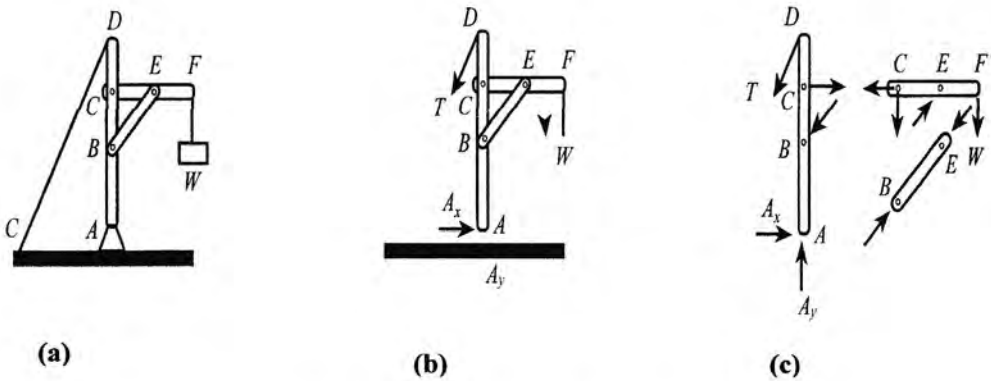


BAB II

STRUKTUR

2.1. Pendahuluan

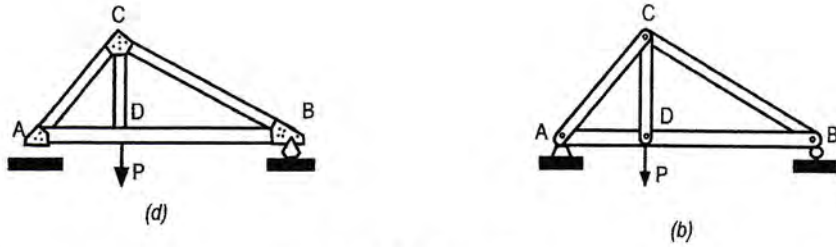
Pada bab terdahulu telah dibahas persoalan mengenai kesetimbangan suatu benda tegar, dengan asumsi semua gaya yang terlibat merupakan gaya luar. Pada bab ini akan dibahas persoalan yang menyangkut gaya luar dan penentuan gaya dalam yang mengikat bersama berbagai bagian dari struktur. Sebagai contoh perhatikan gambar 2.1 dari kran dibawah ini.



Gambar 2.1. Struktur Kran

Kran sebagaimana diperlihatkan pada Gb.2.1 a terdiri dari batang balok AD, CF, dan BE yang disambung pada pin yang tidak bergesekan dengan membawa beban seberat W, beban didukung oleh pin di A, dan kabel DG. Gambar diagram benda bebas kran ini digambar pada Gb. 2.1 b dengan gaya luarnya yang ditunjukkan serta beban W, kedua komponen. A_x dan A_y dari reaksi di A, dan T.

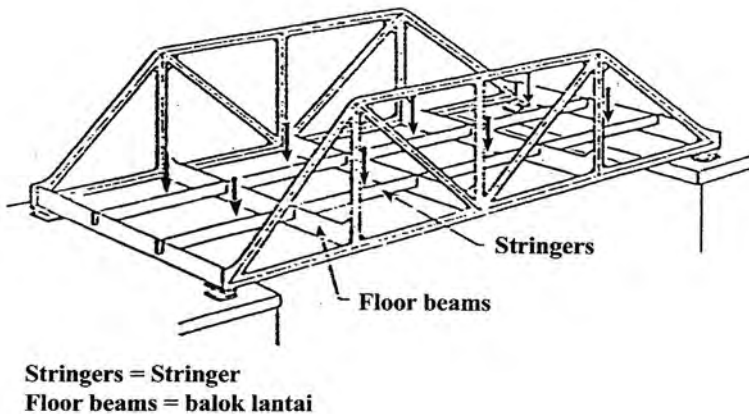
Kran ini merupakan salah satu jenis yang umum dari struktur teknik, khususnya perancangan jembatan dan bangunan. Truss terdiri dari bagian berbentuk lurus dan sambungan (sendi) penghubung, jenis truss yang biasa dipakai diperlihatkan dalam gambar 2.2.



Gambar 2.2. Jenis Truss

Pada umumnya, bagian-bagian truss berbentuk batang dan hanya bisa mendukung beban ringan dalam arah lateral, ini berarti semua beban harus diterapkan pada berbagai sambungannya, dan bukan langsung pada bagian-bagiannya.

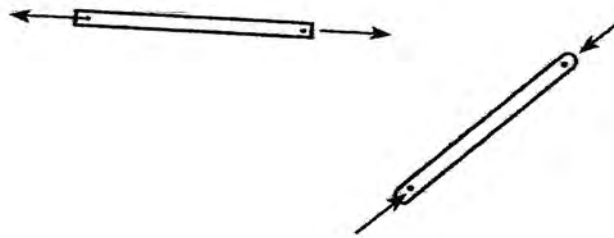
Bila suatu beban terkonsentrasi diterapkan antara dua sambungan atau beban terdistribusi harus didukung oleh truss tersebut, seperti dalam kasus truss jembatan, sistem lantai harus ditambahkan yang melalui pemakaian stringer dan balok lantai mentransmisikan beban itu pada sambungan, seperti diperlihatkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Balok lantai pada Truss

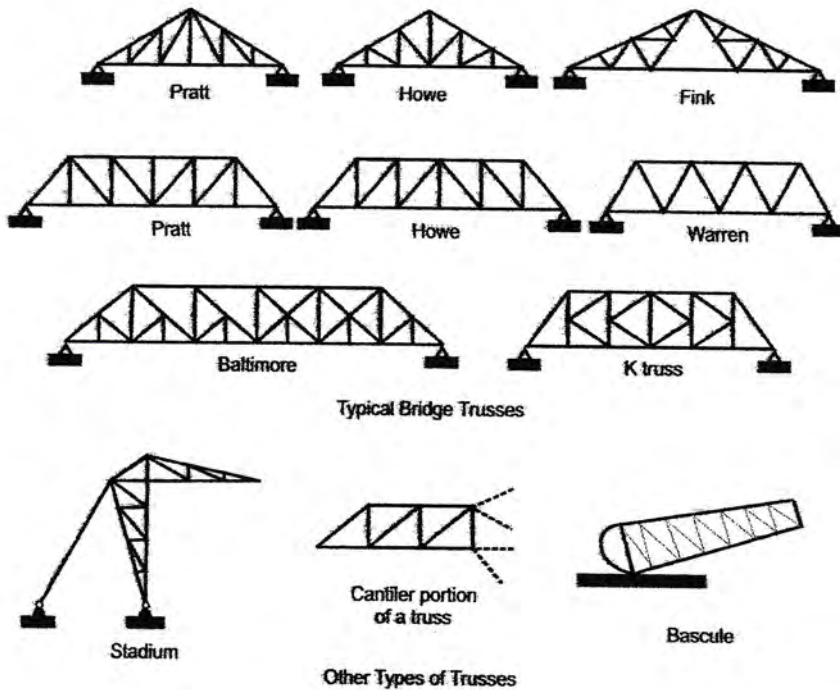
Berat bagian truss dianggap beraksi pada sambungan, setengah berat dari bagian tersebut diterapkan pada masing-masing sambungan yang dihubungkan oleh bagian tersebut. Bagian-bagian itu sebenarnya tersambung dengan menggunakan

sambungan paku keling atau las. Sambungan tersebut diasumsikan sebagai sambungan pin. Oleh karena gaya reaksi pada ujung-ujung sambungan tersebut tereduksi menjadi gaya tunggal dan tidak ada kopel. Sehingga seluruh truss dapat dipandang sebagai kelompok pin dan bagian dua gaya. (lihat gambar 2.2.b). Bagian individual dapat mengalami aksi seperti gambar 2.4 berikut ini, kecenderungan gaya untuk menarik ataupun menekan bagian itu.



Gambar 2.4 Gaya reaksi pada balok secara terpisah

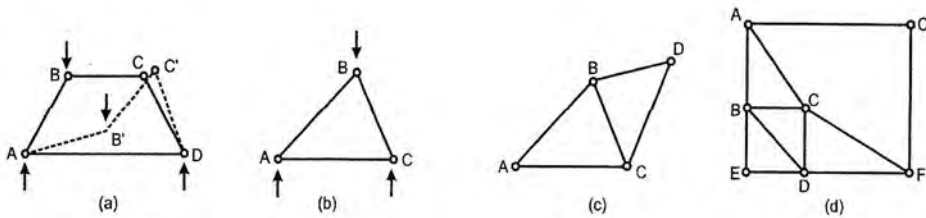
Dibawah ini diperlihatkan beberapa jenis truss (Gambar 2.5)



Gambar 2.5. Sebagian dari bentuk Truss

2.2. Truss Sederhana

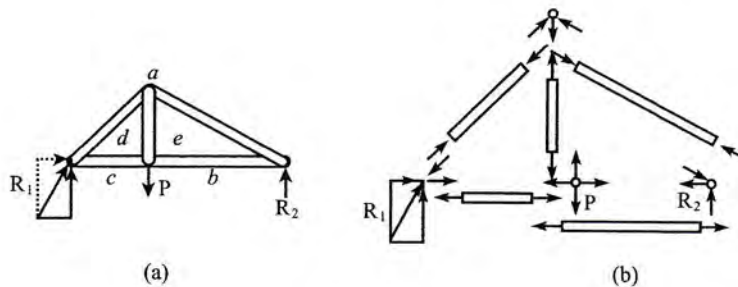
Tinjaulah struktur truss seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.6.a, dimana pada poin b mendapat pembebanan yang dapat merubah bentuk semula dari struktur tersebut. Pada gambar 2.6.b suatu struktur truss yang terdiri dari 3 join dengan salah satu joinnya mendapat suatu beban, truss macam ini disebut truss tegar. Jika penambahan dua batang lagi dilakukan pada struktur truss tersebut atau pada sisi BC dan CD maka struktur truss yang baru ini disebut sebagai truss sederhana seperti pada gambar 2.6.c



Gambar 2.6 Bentuk truss Sederhana

2.3. Metoda Sambungan

Salah satu metoda penyelesaian untuk menentukan besarnya gaya batang pada struktur truss adalah melalui peninjauan kesetimbangan gaya-gaya pada tiap-tiap sambungan pin (pin joint). Oleh karena keseluruhan elemen truss berada dalam keadaan setimbang, maka setiap pin haruslah dalam keadaan setimbang pula. Diagram benda bebas untuk kesetimbangan gaya pada pin bisa dilihat pada gambar 2.7.b



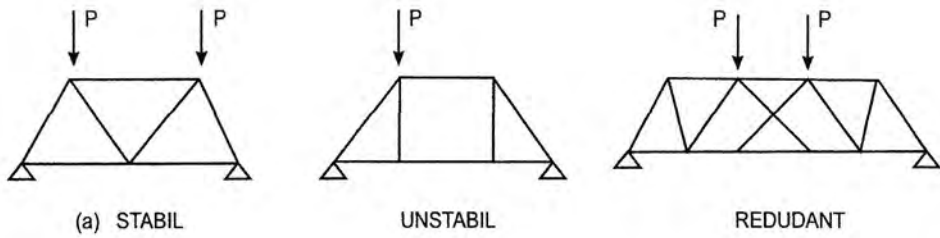
Gambar 2.7. Kesetimbangan gaya-gaya pada truss

Diagram-diagram benda bebas seperti pada gambar 2.8. menunjukkan gaya-gaya yang beraksi pada pin, dimana gaya-gaya aksi yang menjauhi pin akan cenderung membuat pin dalam keadaan tegang atau lazimnya mengalami tarikan. Sebaliknya jika gaya-gaya aksi tersebut mendekati pin maka gaya yang terjadi adalah gaya tekan. Sebagai contoh pada sambungan adc terlihat gaya AD merupakan gaya tekan, dimana arahnya menuju ke arah sambungan atau pin.

Dalam beberapa hal, arah yang benar dari satu gaya atau kedua-dua gaya yang beraksi pada pin tidak dapat ditetapkan pada awalnya. Untuk itu kita dapat membuat penetapan sembarang, bila hasil akhirnya bertanda negatif maka pemisalan arah merupakan kebalikannya. Kestabilan suatu struktur truss, dipergunakan pedoman persamaan sebagai berikut: $m+3 = 2j$ dimana m menyatakan jumlah batang dan j menyatakan jumlah sambungan. Jika $m + 3 = 2j$ struktur dinyatakan stabil (gambar 2.9.a). Jika $m + 3 > 2j$ struktur terdapat redundant (gambar 2.9.b). Jika $m + 3 < 2j$ struktur tak stabil (gambar 2.9.c).

	Free-body diagram	Force polygon
Joint adc		
Joint $debc$		
Joint aed		
Joint eab		

Gambar 2.8 Diagram benda bebas pada pin



Gambar 2.9 Jenis-jenis struktur Truss

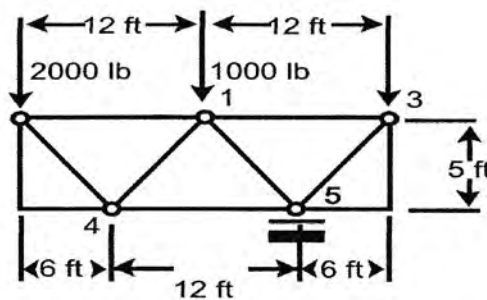
Kadangkala untuk keperluan kestabilan rangka batang seringkali dichasis silang sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.10. berikut. Tetapi bila ke dua penguat tersebut sudah cukup terwakili dengan satu penguat, maka sebaiknya penguat yang lainnya dibuang sehingga struktur hanya terdiri dari dua bagian struktur segi tiga dasar



Gambar 2.10. Potongan truss

Contoh Soal .2.1.

Dengan menggunakan metoda sambungan tentukan gaya pada masing-masing batang, dari struktur truss yang berikut ini.



Penyelesaian

Diagram benda bebas dari struktur truss secara keseluruhan diperlihatkan pada gambar di bawah ini. Gaya eksternal yang bekerja pada struss ini terdiri dari beban operasi dan gaya reaksi yang diberi notasi AB dan BC untuk beban operasi sedangkan untuk gaya reaksi diberi notasi CD, DE dan EA.

Kesetimbangan pada keseluruhan elemen truss :

$$+\sum MA = 0, (2000 \text{ lb})(24 \text{ ft}) + (1000 \text{ lb})(12 \text{ ft})$$

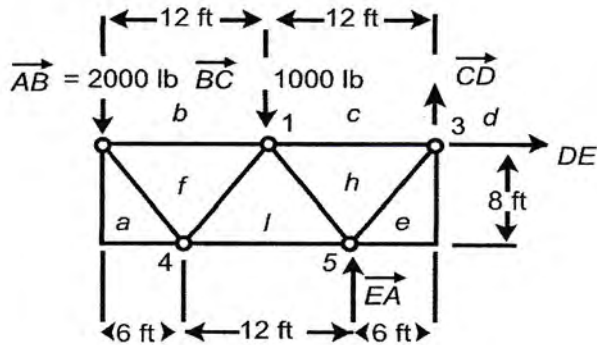
$$- (EA)(6 \text{ ft}) = 0$$

$$EA = 10.000 \text{ lb} \quad \overline{EA} = 10.000 \text{ lb} (\uparrow)$$

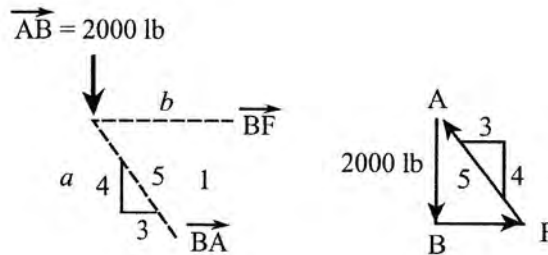
$$\rightarrow \sum Fx = 0, \quad DE = 0$$

$$+\uparrow \sum Fy = 0, -2000 \text{ lb} - 1000 \text{ lb} + 10.000 \text{ lb} + CD = 0$$

$$CD = -7000 \text{ lb} \quad \overline{EA} = 7000 \text{ lb} (\downarrow)$$



Sambungan 1. Sambungan ini hanya menerima dua gaya yang tak diketahui yaitu gaya yang ditimbulkan oleh batang \overline{BF} dan \overline{FA} . Sehingga untuk mendapatkan gaya BF dan EA cukup dengan kesetimbangan segi tiga gaya. Kita lihat bahwa batang BF merupakan batang tarik dan FA merupakan batang tekan. Besar ke dua gaya ini diperoleh dari perbandingan :



$$2000 \text{ lb}/4 = BF/3 = FA/5$$

$$BF = 1500 \text{ lb (Tarik)}$$

$$FA = 2500 \text{ lb (tekan)}$$

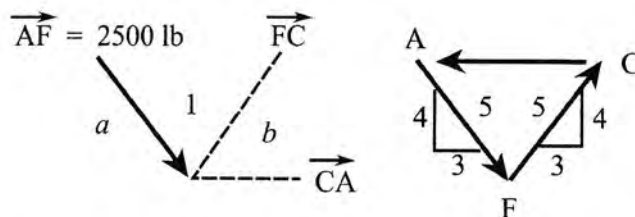
Sambungan 4. Karena gaya yang ditimbulkan oleh bagian af sudah ditentukan, sekarang hanya terdapat dua gaya yang tak diketahui yang tersangkut pada sambungan ini. Dipakai segitiga gaya untuk menentukan gaya tak diketahui pada fg dan ga

$$FG = AF$$

$$FG = 2500 \text{ lb (Tarik)}$$

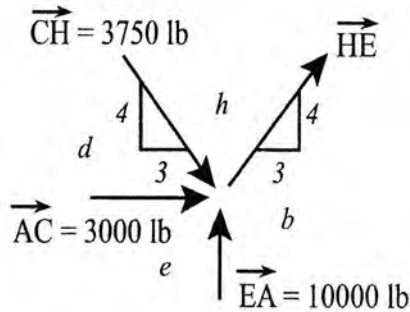
$$GA = 2(3/5)(AF)$$

$$GA = 3000 \text{ lb (Tekan)}$$



Sambungan 2. Karena terdapat lebih dari tiga gaya aksi pada Sambungan ini, kita

tentukan gaya yang dicari CH dan IJG dengan menggunakan persamaan keseimbangan $\sum F_x = 0$ dan $\sum F_y = 0$. Dianggap kedua gaya yang dicari itu merupakan gaya tekan. Jika harga CH positif menunjukkan bahwa pemisalan benar. Sedangkan jika HG negatif yang berarti anggapan kita salah maka batang HG akan mengalami tekan.



$$+\uparrow \sum F_y = 0 \quad -1000 - (4/5) \times 2500 - (4/5) \times HG = 0$$

$$HG = -3750 \text{ lb} \quad HG = 3750 \text{ lb (tekan)}$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0 \quad CH - 1500 - (3/5) \cdot 2500 - (3/5) \cdot 3750 = 0$$

$$CH = +5250 \text{ lb} \quad CH = 5250 \text{ lb (tarik)}$$

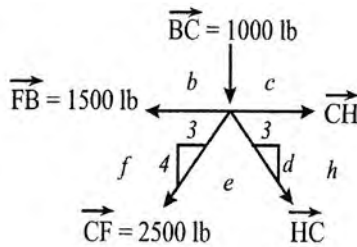
Sambungan 5. Gaya yang tak diketahui HE dianggap beraksi menjauhi sambungan. Jumlahkan komponen x kita dapatkan

$$\rightarrow \sum F_x = 0 \quad 3/5 HE + 3000 + (3/5) 3750 = 0$$

$$HE = -8750 \text{ lb} \quad HE = 8750 \text{ lb (tekan)}$$

Jumlahkan komponen y, kita dapatkan pengecekan perhitungan

$$\begin{aligned} \rightarrow \sum F_y &= 10.000 - (4/5) 3750 - (4/5) 8750 \\ &= 10.000 - 3.000 - 7.000 = 0 \text{ (sesuai)} \end{aligned}$$



Sambungan 3. Dengan memakai hasil perhitungan harga HC dan EH , kita bisa menentukan reaksi CD dan DE. Dengan meninjau kesetimbangan pada sambungan itu. Karena rekasinya telah ditentukan dari kesetimbangan truss, kita dapatkan dua pengecekan untuk perhitungan kita . Bisa juga kita hanya memakai hasil perhitungan untuk semua gaya yang beraksi pada sambungan (gaya batang dan gaya reaksi) dan mengecek bahwa sambungan dalam kesetimbangan.

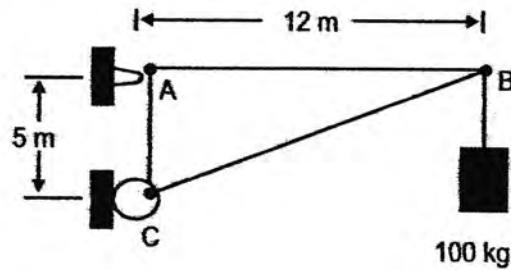
$$\overset{+}{\rightarrow} \sum F_x = - 5250 + (3/5) \times 8750 = -5250 + 5250 = 0 \quad (\text{sesuai})$$

$$\overset{+}{\rightarrow} \sum F_y = -7.000 + (4/5) \times 8750 = -7.000 + 7.000 = 0 \quad (\text{sesuai})$$

Soal-soal

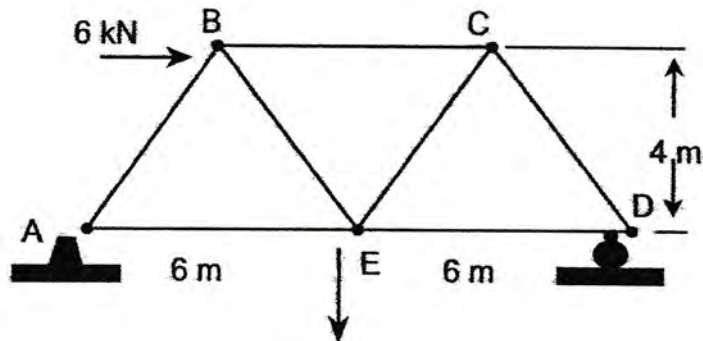
Dengan mengabaikan berat batang selesaikan soal-soal berikut dengan metoda sambungan.

1. Tentukan gaya batang dari rangka batang yang dibebani seperti pada gambar.



Jawab : $AB = 2,35 \text{ kN}$ (tarik)
 $BC = 2,55 \text{ kN}$ (tekan)
 $AC = 0,981 \text{ kN}$ (tarik)

2. Hitunglah semua gaya batang pada struktur seperti gambar 2 dengan asumsi semua segitiga batang adalah segitiga sama sisi.

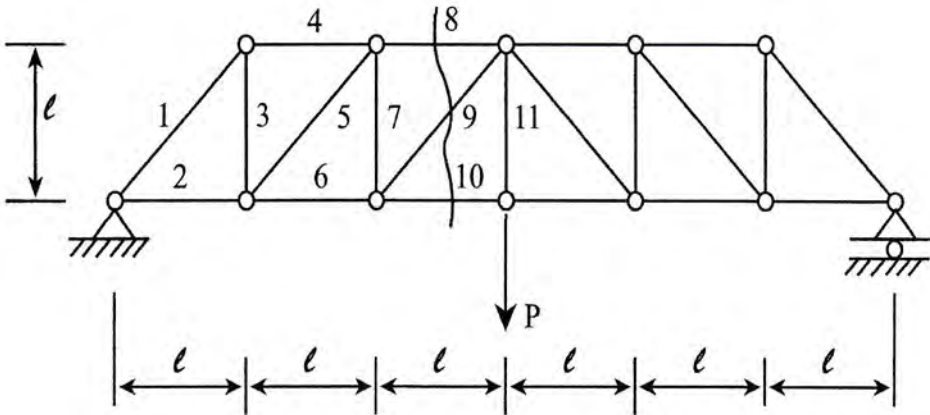


Jawab :

$AB = 2,5 \text{ kN}$ (tekan)
 $BC = 9 \text{ kN}$ (tekan)
 $CD = 7,5 \text{ kN}$ (tekan)
 $DE = 4,5 \text{ kN}$ (tarik)
 $AE = CE = 7,5 \text{ kN}$ (tarik)
 $BE = 2,5 \text{ kN}$ (tarik).

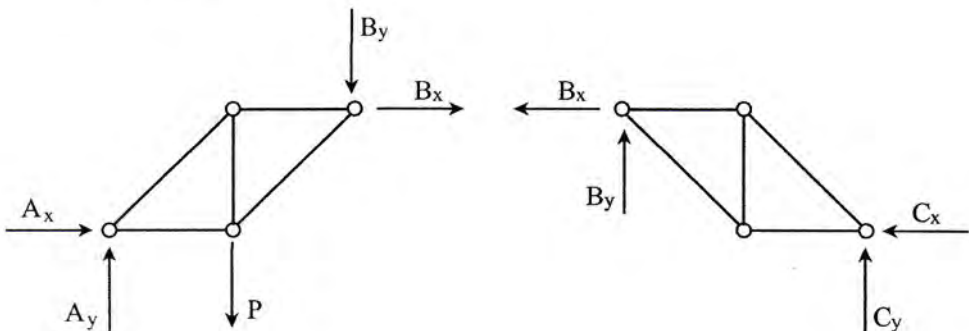
2.4. Metode Potongan

Disamping metode kesetimbangan simpul, metode potongan dapat digunakan untuk menghitung gaya batang truss sederhana. Perhitungan gaya batang dengan menggunakan metode ini dilakukan secara analitis, yaitu dengan penerapan persamaan kesetimbangan.



Gambar 2.11 Truss Sederhana

Gambar 2.11 menunjukkan truss sederhana yang dibebani dengan gaya P . Misalnya, gaya batang 8 akan dihitung. Untuk itu, reaksi tumpuan dihitung dahulu dan kemudian truss dipotong melalui batang 8, 9 dan 10. Diagram benda bebas potongan kiri diperlihatkan pada gambar 2.12. Perhatikan bahwa arah gaya batang sesuai dengan arah batangnya.



Gambar 2.12. Diagram benda bebas

Dari gambar 2.12 terlihat bahwa terdapat tiga besaran yang tidak diketahui. Ketiga besaran tersebut dapat dihitung dengan menggunakan dua persamaan kesetimbangan gaya dan sebuah persamaan kesetimbangan momen. Penerapan persamaan kesetimbangan 2.12 menghasilkan

$$\begin{aligned} \sum M_c = 0 & \quad P/2 \times 21 + F_8 \times 1 = 0 \\ & \quad F_8 = -P/4 \\ \sum F_y = 0 & \quad P/2 + \frac{1}{2} \sqrt{2} \times F_9 = 0 \\ & \quad F_9 = -1/2P \sqrt{2} \\ \sum F_x = 0 & \quad F_8 + \frac{1}{2} \sqrt{2} \times F_9 + F_{10} = 0 \\ & \quad F_{10} = 3/4P \end{aligned}$$

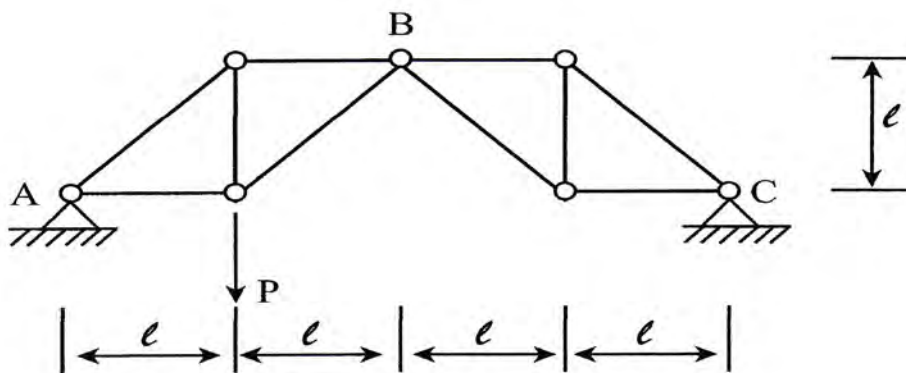
Tanda minus dalam hasil perhitungan gaya menunjukkan bahwa arah gaya sesungguhnya dari gaya tersebut adalah kebalikan dari arah gaya yang digambarkan dalam gambar 2.12. Dengan demikian, dari hasil perhitungan tersebut dapat ditentukan bahwa batang 8 berupa batang tekan, batang 9 berupa batang tekan dan batang sepuluh berupa batang tarik. Gaya batang lainnya dapat dihitung dengan cara memotong truss melalui batang yang besar gaya batangnya diinginkan. Perhatikan bahwa setiap kali memotong, sebanyak-banyaknya hanya tiga buah batang saja yang terpotong. Pembaca disarankan untuk menghitung semua gaya batang tersebut dengan cara potongan.

2.5. Trusses Tidak Sederhana

Trusses tidak sederhana adalah trusses yang jika dilepaskan dari tumpuannya, susunan batangnya tidak membentuk benda kaku. Karena itu, reaksi tumpuan tidak dapat dihitung seluruhnya dengan penerapan persamaan kesetimbangan struktur truss total. Karena jumlah besaran yang tidak diketahui akan lebih banyak dari jumlah persamaan kesetimbangan yang tersedia. Analisis trusses jenis ini, harus dimulai dengan analisis bagian truss yang membentuk benda kaku. Setelah itu, gaya batang dapat dihitung dengan metode kesetimbangan simpul ataupun metode potongan.

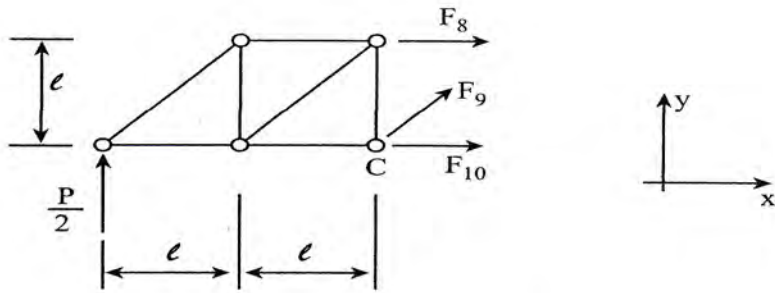
Gambar 2.13, menunjukkan truss tidak sederhana yang menerima beban P.

Tumpuan A dan C berupa engsel tetap. Jika truss ini dianalisis secara keseluruhan, diagram benda bebas truss keseluruhan akan mempunyai empat besaran gaya yang tidak diketahui, yaitu masing-masing dua gaya reaksi di A dan C. Karena persamaan kesetimbangan hanya terdiri dari tiga buah persamaan saja, maka tidak semua gaya reaksi dapat dihitung. Untuk itu, truss harus dilepas menjadi bagian yang berupa benda kaku. Dari gambar 2.13 terlihat bahwa truss tersebut terdiri dari dua bagian yang masing-masing berupa benda kaku. Diagram benda bebas masing-masing bagian tersebut diperlihatkan pada gambar 2.14.



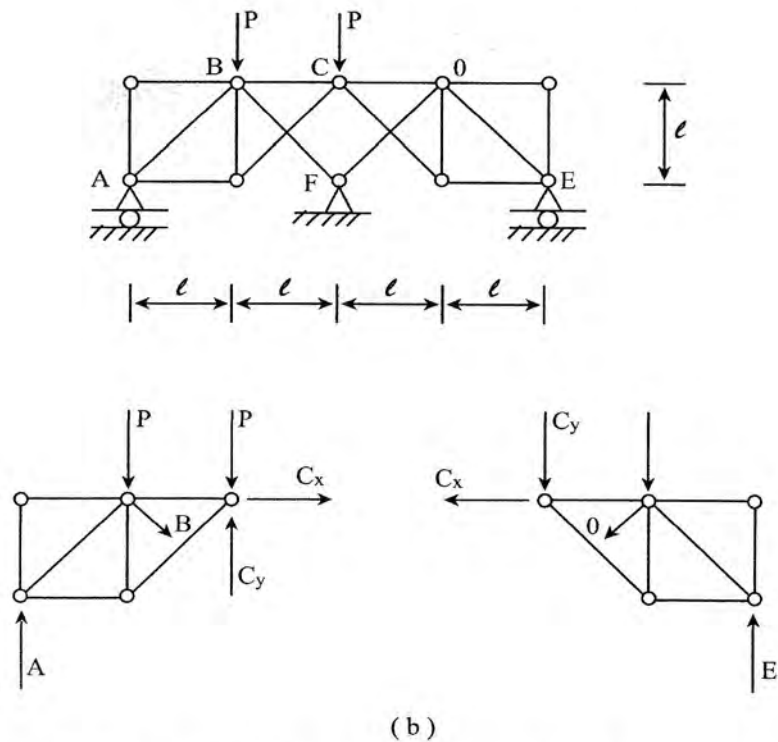
Gambar 2.13. Tuss tidak sederhana

Karena sambungan di B berupa engsel, maka gaya sambungan di B pada masing-masing bagian terdiri dari dua kelompok tegak lurus B_x dan B_y . Perhatikan bahwa berdasarkan Hukum Newton III, arah gaya sambungan pada kedua bagian tersebut adalah sama besar dan saling berlawanan arah. Dari gambar 2.14 terlihat bahwa banyak gaya yang belum diketahui adalah enam buah. Masing-masing bagian yang berupa benda kaku mempunyai 3 buah persamaan kesetimbangan, sehingga seluruhnya terdapat enam buah persamaan kesetimbangan. Dengan enam persamaan tersebut, keenam gaya yang belum diketahui dapat dihitung. Pembaca disarankan untuk menghitung A_x , A_y , B_x , B_y , C_x , dan C_y dengan petunjuk diatas.



Gambar 2.14. Diagram benda bebas dari truss tidak sederhana

Selanjutnya, gaya batang dihitung dengan metode kesetimbangan simpul. Sebagai contoh kedua, perhatikan gambar 2.15.a. Diagram benda bebas bagian truss yang berupa benda kaku diperlihatkan dalam gambar 2.15.b. Gaya P yang bekerja pada titim C dapat dikerjakan seluruhnya dibagian kiri ataupun seluruhnya dikerjakan dibagian kanan ataupun sebagian dibagian kiri dan sebagian dibagian kanan asalkan keduanya berjumlah P .

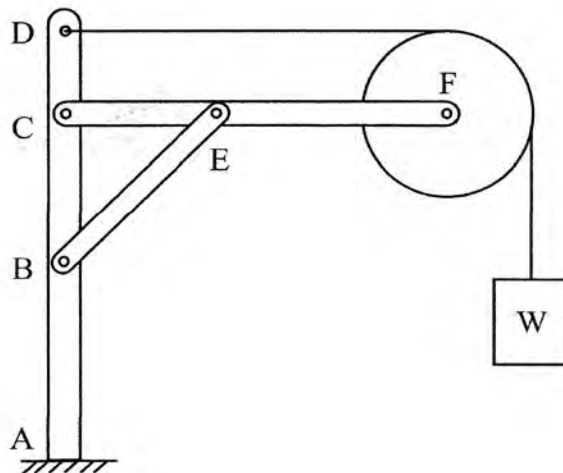


Gambar 2.15 Truss tidak sederhana dan diagram benda bebasnya

Dari diagram benda bebas, gambar 2.15b., terlihat bahwa gaya yang belum diketahui berjumlah enam buah, yaitu A , B , C_x , C_y , D dan E . Keenam gaya tersebut dapat dihitung dari enam buah persamaan kesetimbangan, yaitu masing-masing tiga persamaan kesetimbangan untuk masing-masing bagian. Pembaca disarankan untuk menyelesaikannya dengan petunjuk tersebut. Setelah B dan D diperoleh, reaksi tumpuan F dapat dihitung. Selanjutnya, gaya batang dapat dihitung dengan metode kesetimbangan simpul ataupun dengan metode potongan.

2.6. Rangka

Rangka adalah struktur yang sedikitnya mempunyai sebuah batang yang dapat memikul beban lentur. Beban lentur dapat terjadi pada batang yang padanya bekerja banyak gaya yang bertitik tangkap pada sedikitnya di tiga titik yang berbeda. dalam bab ini hanya akan dipelajari rangka bidang saja, yaitu rangka yang semuanya batang dan bebaannya terletak sebidang.



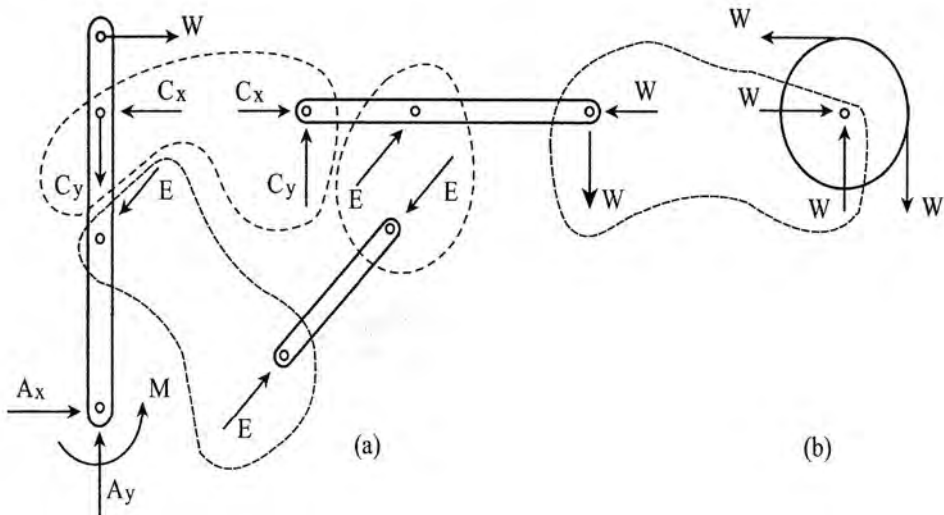
Gambar 2.16 Rangka

Analisis

Gambar 2.16 menunjukkan rangka yang dibebani dengan beban W melalui tali dan puli. Dalam contoh ini, semua berat batang dan gesekan diabaikan. Analisis rangka tersebut dilakukan dengan melepas semua batang dan diagram

benda bebas setiap batang digambarkan. Gambar 2.17 menunjukkan diagram batang benda bebas tersebut.

Beban W akan mengakibatkan gaya tegang tali sebesar W disepanjang tali. Diagram benda bebas puli diperlihatkan pada gambar 2.17.b. Karena puli berada dalam kesetimbangan, reaksi yang diberikan oleh tumpuan puli F adalah seperti yang terlihat pada gambar tersebut. Akibat Hukum Newton III, puli akan memberikan gaya pada batang CEF di F seperti terlihat pada gambar 2.17.a. Sambungan engsel C dapat meneruskan gaya kesemua arah yang dapat diwakili oleh komponennya, yaitu C_x dan C_y . Perhatikan bahwa penggambaran C_x dan C_y dalam gambar tersebut mengikuti Hukum Newton III.



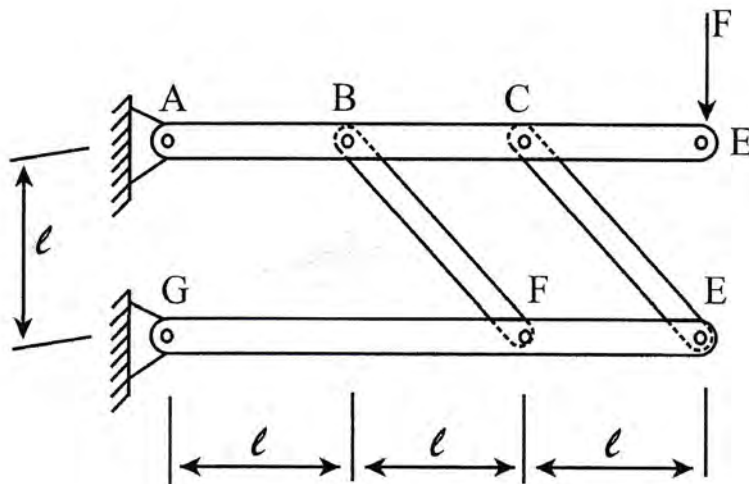
Gambar 2.17 Gambar diagram bebas dari rangka

Batang DE merupakan dua gaya, sehingga padanya hanya dapat bekerja gaya aksial saja. Dari kesetimbangan batang BE , besar gaya aksial pada batang tersebut harus sama besar, yaitu E . Dengan demikian, gaya sambungan yang bekerja di E pada batang CF adalah seperti yang digambarkan pada Gambar 2.17a. Perhatikan pula bahwa penggambaran gaya tersebut mengikuti Hukum Newton III. Dalam gambar 2.17 tersebut, penggambaran gaya yang dikelilingi oleh garis putus-putus harus dilakukan dengan memperhatikan Hukum Newton III.

Reaksi tumpuan jepit A terdiri dari dua komponen gaya dan sebuah momen. Penggambaran diagram benda bebas harus dilakukan dengan seksama. Kesalahan penggambaran tersebut akan mengakibatkan kesalahan analisis.

Dengan memperhatikan gambar 2.17 terlihat bahwa besaran gaya yang belum diketahui berjumlah enam buah, yaitu A_x , A_y , M , E , C_x dan C_y . Untuk menghitung besaran tersebut, tersedia enam persamaan kesetimbangan, yaitu tiga persamaan kesetimbangan dari batang AD dan tiga persamaan kesetimbangan dari batang CF. Setelah kesemua gaya tersebut diperoleh, semua gaya dalam batang AD dari CF dapat ditentukan.

Contoh Soal :



Gambarkan diagram semua gaya dalam untuk batang AD

Jawab :

Mengingat bahwa batang BF dan CE merupakan truss gaya, maka kedua batang tersebut hanya dapat memikul dan meneruskan gaya aksial saja. Kemudian, karena kedua batang tersebut terletak miring 45° , maka komponen tegak lurus gaya aksial sama besar. Sehingga diagram benda bebas batang truss yang dilepas dapat digambarkan seperti pada terlihat pada gambar 2.18.a.

Dari gambar 2.18.a. terlihat bahwa terdapat 6 gaya yang tidak diketahui.

Mereka dapat dihitung dengan 6 persamaan kesetimbangan, yaitu masing-masing 3 persamaan kesetimbangan untuk batang AD dan GE.

Persamaan Kesetimbangan batang AD memberikan

$$\sum M_A = 0, B \cdot l + C \cdot 2l - P \cdot 3l = 0$$

sehingga $B + 2C = 3P$

$$\sum F_x = 0 \quad A_x - B - C = 0 \quad (2)$$

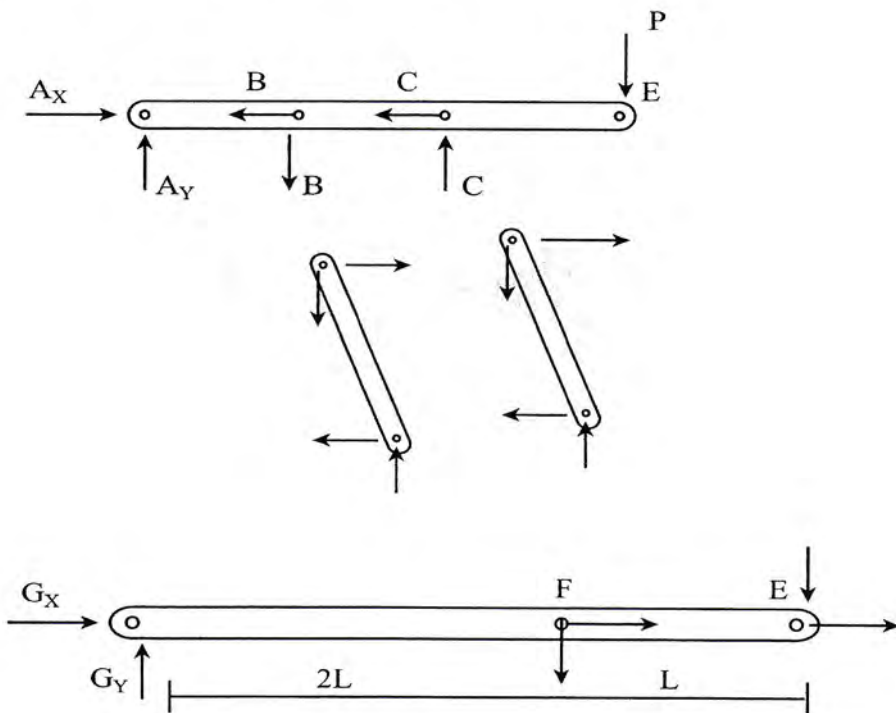
$$\sum F_y = 0 \quad A_y + B + C - P = 0 \quad (3)$$

Persamaan kesetimbangan batang GE memberikan :

$$\sum M_G = 0 \quad B \times 2l - E \times 3L = 0 \quad (4)$$

$$\sum F_x = 0 \quad G_x + B + E = 0 \quad (5)$$

$$\sum F_y = 0 \quad G_y + B - E = 0 \quad (6)$$

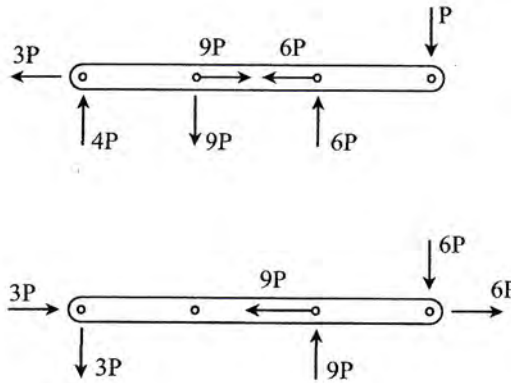


Gambar 2.18. a Diagram benda bebas

Dan keenam persamaan tersebut dapat diperoleh :

$$\begin{aligned} A_x &= -3P & C &= 6P \\ A_y &= 4P & G_x &= 3P \\ B &= -9P & G_y &= -3P \end{aligned}$$

Kebenaran hasil perhitungan diperiksa dengan menggambar lagi diagram benda bebas batang AD dan GE dengan besar dan arah gaya hasil perhitungan, seperti terlibat pada gambar 2.18. b.

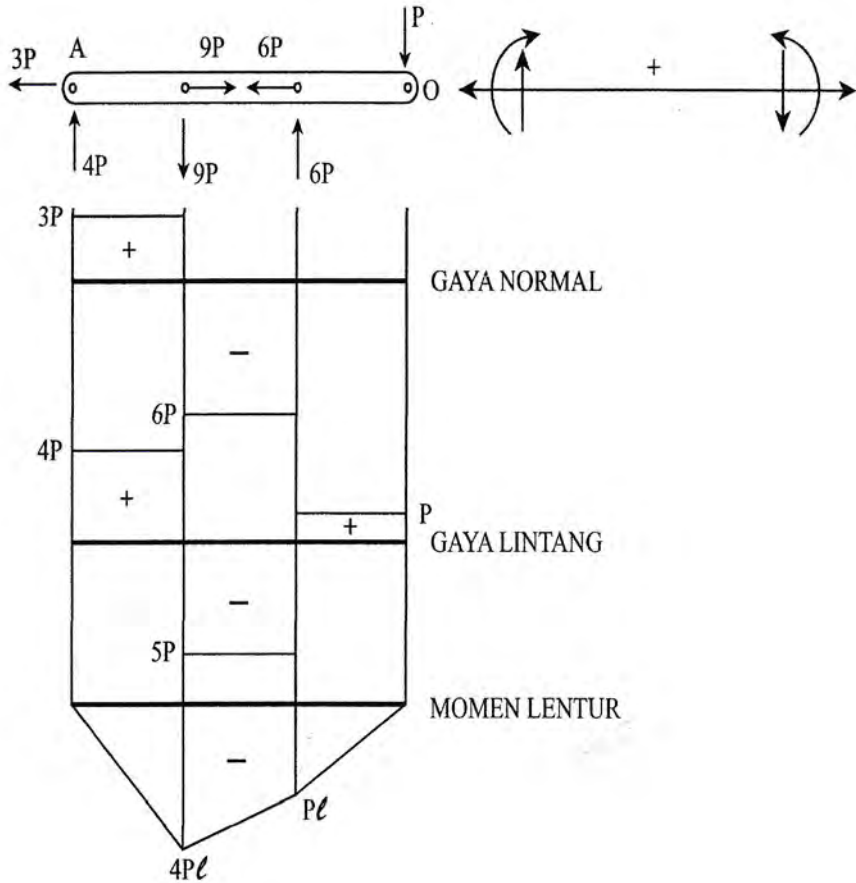


Gambar 2.18.b

Dengan memperhatikan gambar 2.18.b, dengan mudah dapat diperiksa bahwa kedua batang berada dalam kesetimbangan. Dengan demikian hasil perhitungan diatas adalah benar.

Pembaca disarankan untuk selalu memeriksa hasil perhitungan dengan cara seperti diatas. Dalam pemeriksaan hasil perhitungan tersebut, semua batang yang terlibat harus diperiksa kesetimbangannya. Jika misalnya terdapat kesalahan perhitungan, dapat terjadi bahwa salah satu batang setimbang, tetapi tentu batang lainnya tidak akan setimbang. Karena itu pemeriksaan kesetimbangan harus dilakukan terhadap semua batang yang terlibat dalam perhitungan.

Akhirnya dari hasil perhitungan diatas, semua gaya dalam batang AD dapat digambarkan seperti terlihat pada gambar 2.18.c.



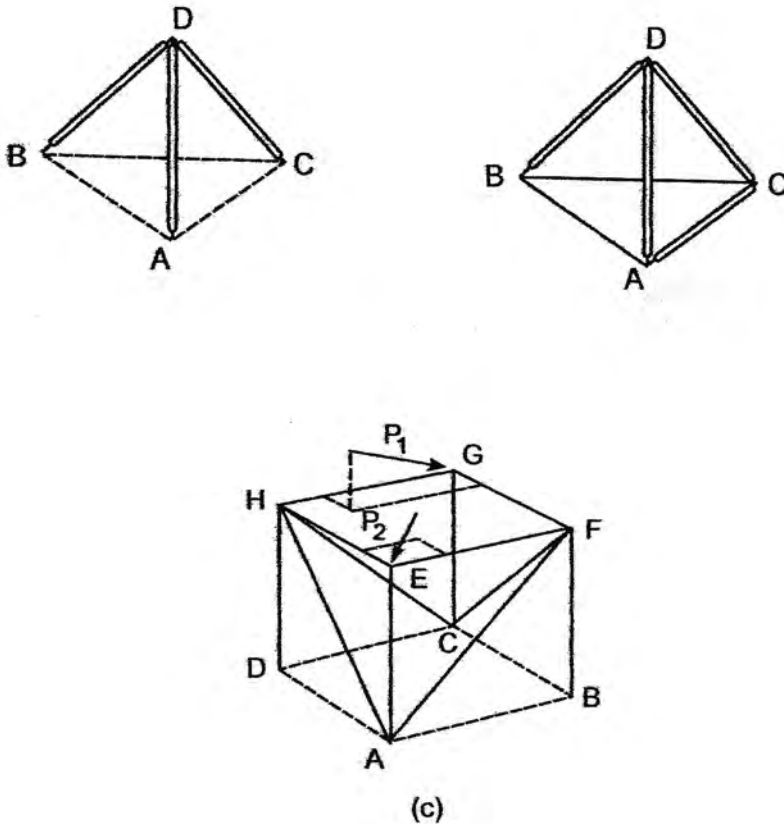
Gambar 2.18.c

2.7. Rangka Batang Ruang

Rangka batang ruang merupakan perluasan tiga dimensi dari rangka batang bidang, yang ideal terdiri dari batang penghubung tegang yang dihubungkan pada ujung-ujungnya oleh engsel peluru. Perhatikan gambar 2.19 berikut, untuk membentuk unit dasar yang tak dapat roboh (ambruk) terdiri dari sebuah segi tiga dari batang-batang yang dihubungkan pada ujung-ujungnya (gambar 2.19a). Dua batang AD dan BD yang dihubungkan di D memerlukan sebuah penyangga ketiga CD untuk menahan segi tiga ABD berrotasi terhadap AB. Dalam gambar 2.19b. ,

dasar penyangga diganti oleh tiga batang tambahan AB, BC dan AC untuk membentuk tetrahedron yang tak bergantung pada fondasi untuk ketegarannya sendiri. Dengan mengingat bahwa tetrahedron dasar mempunyai enam bagian batang dan empat sambungan, dan bahwa tiap kali menambali tiga batang bertambah satu sambungan, kita simpulkan bahwa pada satu truss ruang sederhana jumlah bagian batang total yaitu $m = 3n - 6$, dengan n menyatakan jumlah sambungan.

Jadi dalam gambar 2.19.c, batang-batang AF, BF dan CF dikaitkan pada fondasi dan dengan demikian titik F tetap berada dalam ruang. Dua beban yang diterapkan akan menghasilkan gaya pada semua batang.



Gambar 2.19 Rangka batang ruang

Karena kesetimbangan setiap sambungan ditentukan oleh tiga persambungan gaya skalar, maka semuanya ada $3j$ persamaan demikian untuk rangka batang ruang sederhana dengan j sambungan. Untuk keseluruhan rangka batang yang tersusun dari m batang, terdapat m besaran tak diketahui ditambah 6 reaksi tumpuan yang tak diketahui dalam kasusu umum suatu struktur statis tertentu.

Jika $m + 6 = 3j$ akan didapat struktur stabil (statis tertentu) . Jika $m + 6 > 3j$ berarti terjadi redundan (kelebihan batang) dan jika $m + 6 < 3j$ terjadi struktur tak stabil (ambruk).

Contoh Soal :

Suatu rangka batang ruang terdiri dari tetrahedron tegar ABCD yang dikokohkan oleh hubungan engsel peluru di A dan dicegah berrotasi terhadap sumbu x , y atau z dengan batang penghubung 1, 2 dan 3 berturut-turut. Beban L dikenakan pada sambungan E, yang dikokohkan pada tetrahedron tersebut oleh 3 batang penghubung tambahan. Selesaikan gaya-gaya pada batang-batang pada sambungan E dan tunjukkan prosedur penyelesaian gaya pada batang-batang lainnya dari rangka batang tersebut.

Penyelesaian:

Pertama-tama kita perhatian bahwa rangka batang tersebut ditahan oleh enam buah kendala yang ditempatkan dengan baik, yang terdiri dari tiga di A dan batang penghubung 1, 2 dan 3. Selain itu, dengan $m = 9$ batang dan $C = 5$ sambungan, kondisi $m + 6 = 3j$ sebagai suatu syarat yang cukup dari batang untuk menyediakan sebuah struktur yang tak dapat ambruk terpenuhi. Reaksi luar di A, B dan D dengan mudah dapat dihitung untuk tahap pertama meskipun nilainya akan ditentukan dari penyelesaian semua gaya pada setiap sambungan secara berturut-turut.

Kita harus mulai dengan sebuah sambungan dimana paling sedikit terdapat satu gaya yang diketahui dan tidak lebih dari tiga gaya yang tak diketahui berreaksi, yang mana dalam kasus ini adalah sambungan E. diagram benda bebas dari sambungan E diperlihatkan dengan semua vektor gaya yang secara sembarang dianggap berada dalam arah tarikan positifnya (menjauhi sambungan). Pernyataan

vektor untuk ketiga gaya yang tak diketahui adalah ;

$$F_{EB} = (F_{EB}/\sqrt{2}) \times (-i-j) \quad F_{EC} = (F_{EC}/5) \times (-3i-4k)$$

$$F_{ED} = (F_{ED}/5) \times (-3j-4k)$$

Gambar contoh soal Rangka Batang Ruang

Kesetimbangan sambungan E mengharuskan $\sum F = 0$

$$L + F_{EB} + F_{EC} + F_{ED} = 0$$

$$\text{Atau } -Li + (F_{EB}/\sqrt{2}) \times (-i-j) + (F_{EC}/5) \times (-3i-4k) + (F_{ED}/5) \times (-3j-4k) = 0$$

Dengan menyusun kembali suku-suku, persamaan ini dihasilkan :

$$\{-L - (F_{EB}/\sqrt{2}) - 3(F_{EC}/5)\} \times i + \{-(F_{EB}/\sqrt{2}) - 3(F_{ED}/5)\} \times j + \{-4(F_{EC}/5) - 4(F_{ED}/5)\} \times k = 0$$

Menyamakan koefisien-koefisien vektor satuan i , j dan k dengan nol memberikan tiga persamaan $(F_{EB}/\sqrt{2}) + 3(F_{EC}/5) = -L$, $-(F_{EB}/\sqrt{2}) - 3(F_{ED}/5) = 0$, $F_{EC} + F_{ED} = 0$

Penyelesaian persamaan diatas menghasilkan

$$F_{EB} = -L / \sqrt{2}$$

$$F_{ED} = 5L/6$$

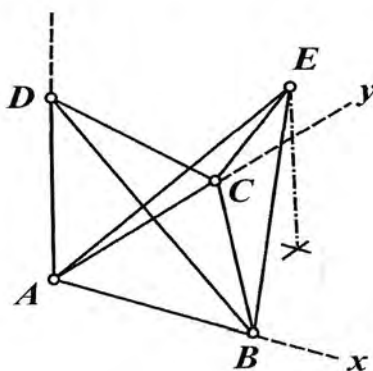
$$F_{EC} = 5L/6$$

Jadi dapat kita simpulkan bahwa F_{EB} dan F_{EC} adalah gaya tekan dan F_{ED} adalah gaya tarik.

Apabila kita tidak mau memulai dengan menganalisis reaksi luarnya, kita harus menganalisis sambungan C dengan nilai yang diketahui F_{FC} dan tiga yang tidak diketahui F_{CB} , F_{CA} dan F_{CD}). Prosedurnya sama dengan yang digunakan untuk sambungan E. Sambungan B, G dan A kemudian dianalisis dengan cara yang sama dan dalam urutan tadi, yang membatasi besaran yang tak diketahui sampai tiga untuk tiap sambungan. Reaksi luar yang dihitung dari analisis ini tentu saja harus sesuai dengan nilai yang dapat ditentukan mula-mula dari analisis rangka batang secara keseluruhan.

Soal-soal

1. Rangka batang ruang dibangun pada alas segitiga ABC. Lokasi sambungan D dan E ditetapkan oleh batang hubung yang diperlihatkan. Tunjukkan bahwa konfigurasi ini adalah stabil dalam. Juga gantilah batang hubung AE dengan sebuah batang hubung lain yang akan tetap mempertahankan ketegaran rangka batang tersebut.
2. Alas sebuah kuda-kuda dongkrak mobil adalah berbentuk segi tiga sama sisi yang panjang sisinya 250 mm dan pusatnya terletak dibawah kerah A. Buatlah model struktur ini sebagai suatu struktur kesatuan dengan engsel peluru pada tiap sambungannya dan tentukan gaya pada batang-batang BC, BD dan CD. Abaikan komponen reaksi horizontal di bawah kaki B, C dan D.



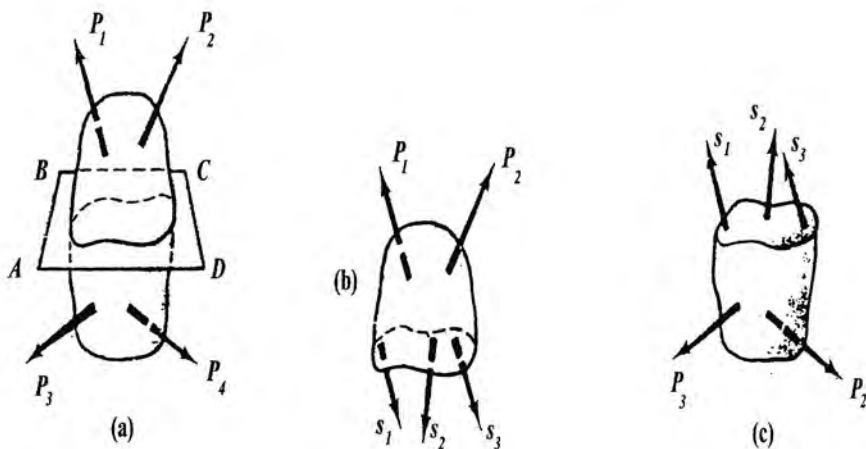
Soal 4/50

BAB III GAYA DALAM

3.1. Definisi dan Pengertian

Gaya dalam adalah gaya yang terjadi di bagian dalam suatu benda sebagai reaksi terhadap gaya-gaya luar yang bekerja terhadap benda. Gaya-gaya luar pada suatu benda dapat berupa gaya beban dan gaya reaksi agar menjadi kondisi keseimbangan benda tersebut.

Gambar 3.1 menunjukkan suatu benda yang bentuknya sembarang berada dalam kondisi keseimbangan dibawah pengaruh gaya luar dan gaya dalam.



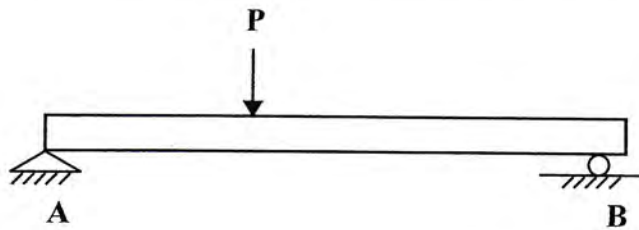
Gambar 3.1 Pengirisan sebuah benda

P_1, P_2, P_3 dan P_4 adalah gaya-gaya luar, sementara S_1, S_2 dan S_3 adalah gaya-gaya dalam pada penampang, di potongan bidang ABCD. Resultan dari gaya dalam harus sama dengan resultan gaya luar dan arahnya berlawananan.

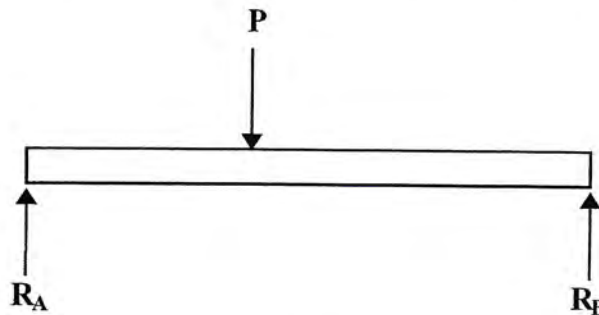
3.2. Gaya dalam pada Batang

Pada gambar 3.2 diperlihatkan suatu batang yang ditumpu secara sederhana dan dibebani dengan gaya terpusat P. Apabila batang tadi dipotong pada jarak x

dari ujung kiri batang, maka gaya tersebut dapat ditampilkan sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram benda bebas (DBB)

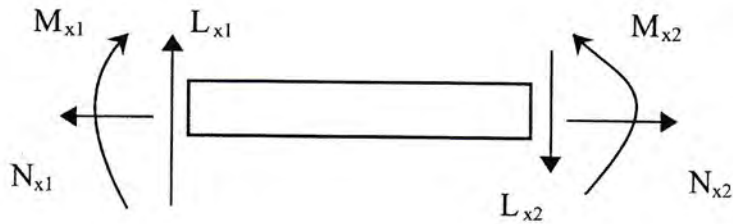


Gb 3.3 Gaya dalam karena beban terkonsentrasi

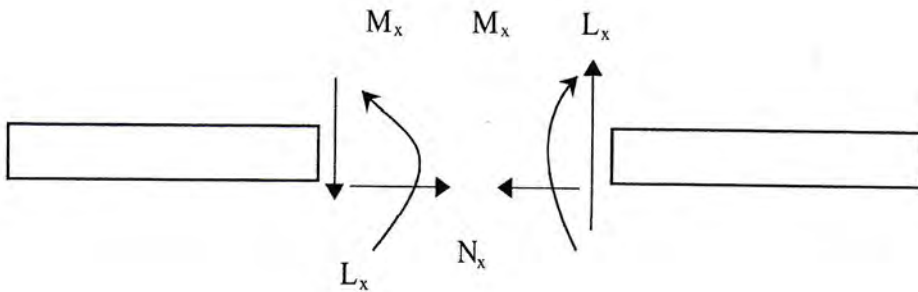
- P = beban terpusat
- R_A, R_N = gaya reaksi tumpuan
- L_x = gaya dalam yang melintang benda atau disebut juga gaya yang menggeser benda pada potongan, sehingga disebut gaya lintang atau gaya geser.
- N_x = Gaya dalam yang searah sumbu aksial benda, atau disebut juga gaya arah normal dari potongan benda tersebut, sehingga disebut gaya normal atau juga gaya aksial.
- M_x = Momen yang mengakibatkan batang bengkok atau melentur, sehingga disebut juga momen bengkok atau momen lentur, dan arah momen ini adalah sumbu putar sumbu z (sumbu tegak lurus kertas).

Pada gambar 3.3 di atas, adanya gaya dalam berupa N_x , L_x dan M_x menyebabkan batang yang menerima gaya luar dalam kondisi keseimbangan.

Kesepakatan tanda positif (+) pada gaya dalam diperlihatkan pada gambar 3.4 yaitu benda yang dipotong pada sisi kiri dan kanan. Sedangkan tanda negatif dalam arah sebaliknya. Pada gambar 3.5 adalah batang yang dipotong pada bagian tengah :

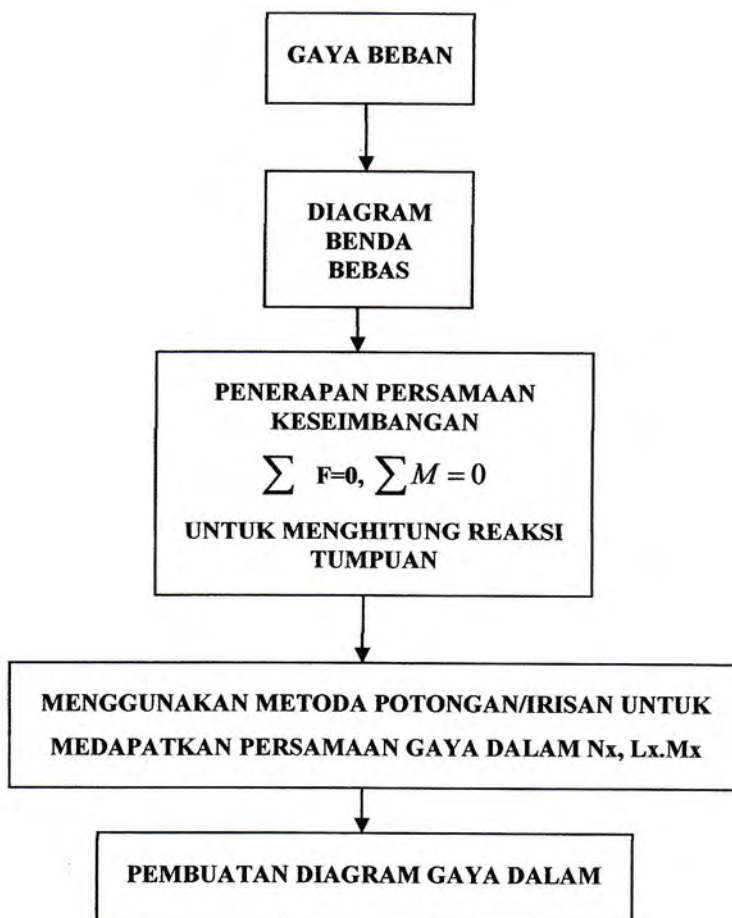


Gambar 3.4. Penampang yang dipotong pada sisi kiri dan kanan

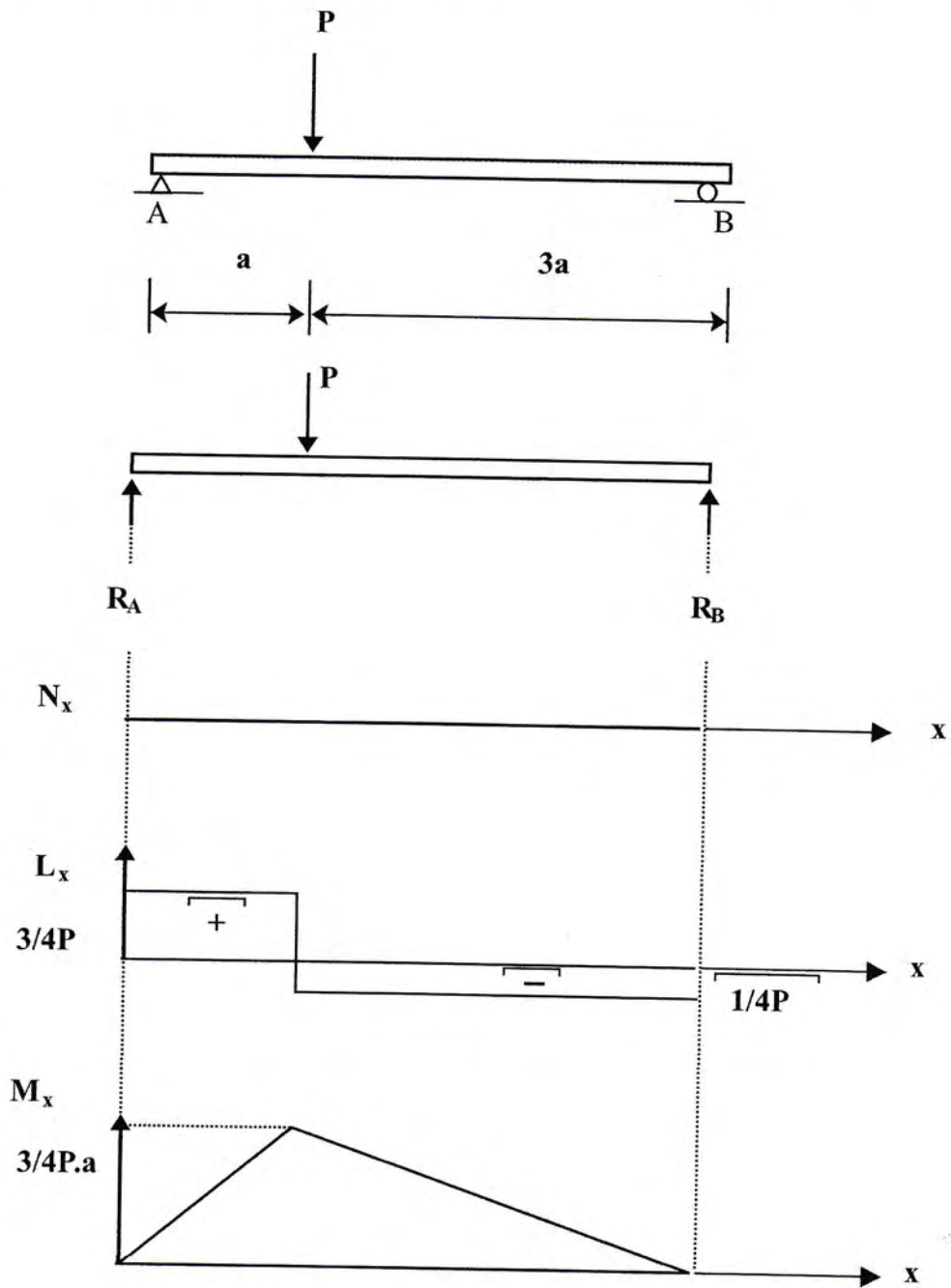


Gambar 3.5 Batang yang dipotong pada bagian tengah

3.3. Contoh Pembuatan Diagram Gaya dalam

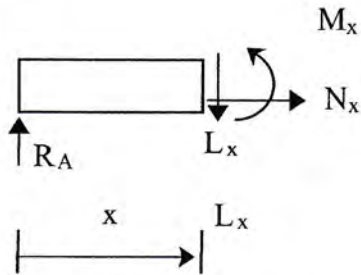


3.3.a. Gaya dalam akibat gaya terpusat pada batang lurus.



Gambar 3.6. Diagram gaya normal, gaya lintang dan momen lentur

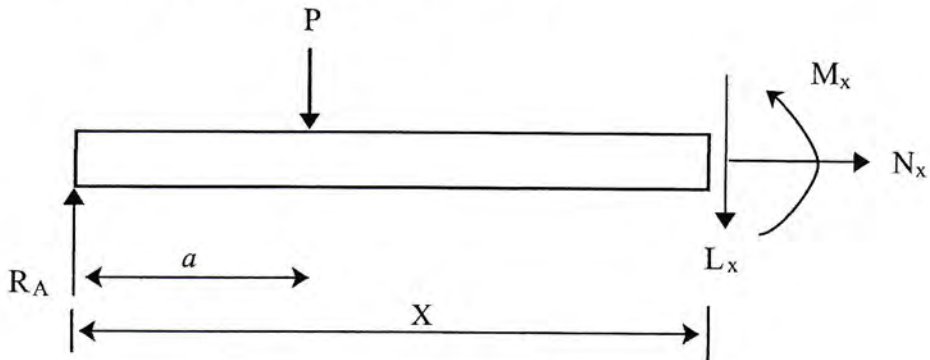
Penyelesaian :



x dibatasi antara gaya-gaya luar

x dari kiri ke kanan

- Gaya normal $\sum F_x = 0$, maka $N_x = 0$
untuk $x = 0$ dan $x = a$, maka $N_x = 0$
- Gaya lintang $\sum F_y = 0$, maka $L_x - R_A = 0$, sehingga $L_x = 3/4 P$
untuk $x = 0$ dan $x = a$, maka $L_x = 3/4 P$
- Momen lentur $\sum M = 0$
 $M_x - R_A \cdot x = 0$ dan $M_x = R_A \cdot x = 3/4 P \cdot x$



Gambar. 3.7. Gaya-gaya dalam pada potongan $a \leq x \leq 4a$

$$L_x = 3/4 P$$

- Gaya normal $\sum F_x = 0 \Rightarrow N_x = 0$
Untuk $x = a$ dan $x = 4a$, maka $N_x = 0$
- Gaya Lintang $\sum F_y = 0$, $L_x - R_A + P = 0$,
 $L_x - R_A - P = 3/4 P - P = -1/4 P$
Untuk $x = a$ dan $x = 4a$, maka $L_x = -1/4 P$

- Momen lentur + $\sum M = 0$

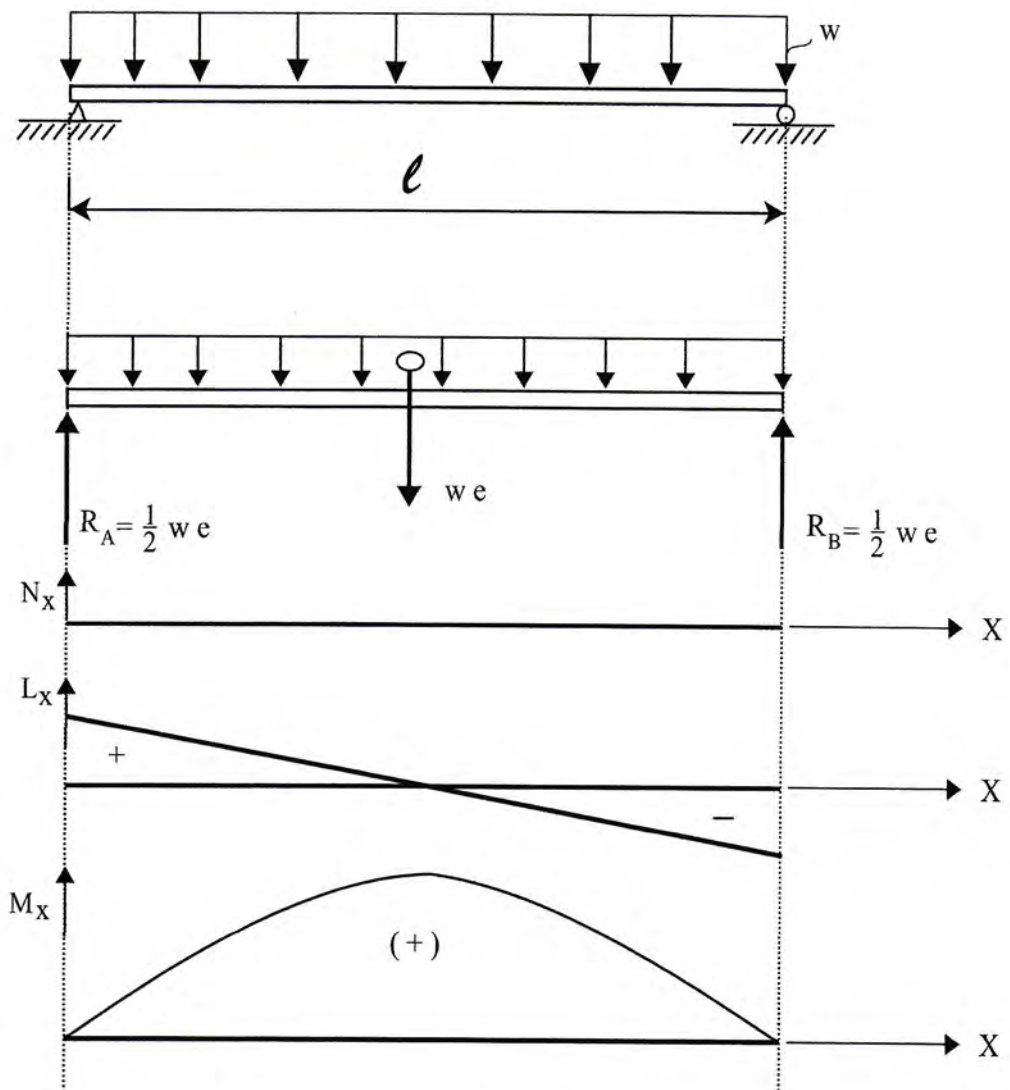
$$M_x - R_A \cdot x + P(x-a) = 0$$

$$M_x = R_A \cdot x - P(x-a)$$

Untuk $x = a$, maka $M_x = 3/4 P \cdot a - 0 = 3/4 P \cdot a$

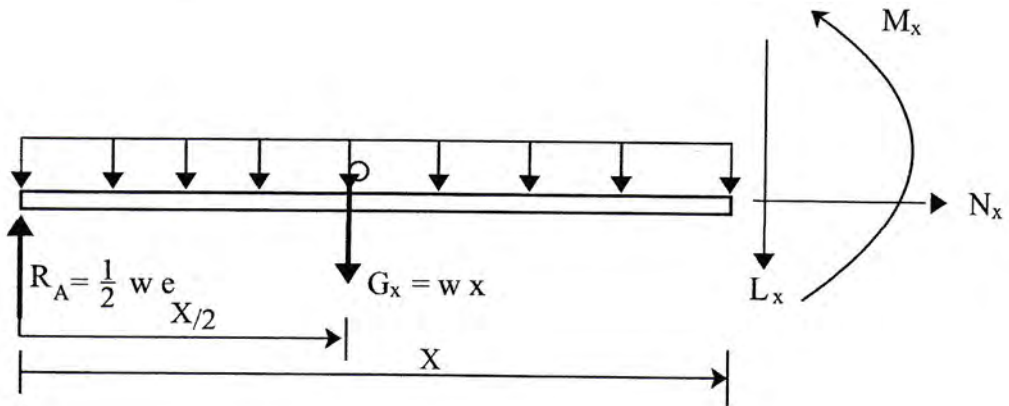
Untuk $x = 4a$, maka $M_x = 3/4 P \cdot 4a - P(4a-a) = 0$

3.3.b. Gaya dalam pada batang prismatic dengan pembebanan terdistribusi secara merata



Gambar. 3.8 Diagram gaya normal, gaya lintang dan momen lentur

Penyelesaian



Gambar 3.9 Potongan gaya dalam akibat beban terbagi rata

$$R_A = 1/2 w \cdot l \quad G_x = w \cdot x \quad L_x$$

- Gaya normal $\sum F_x = 0$ untuk $x = 0$, $x = 1/2 l$ dan $x = l$, maka $N_x = 0$

- Gaya lintang $\sum F_y = 0 \quad L_x + G_x - R_A = 0$

$$\text{maka } L_x = -G_x + R_A = -w \cdot x + 1/2 w \cdot l$$

$$\text{untuk } x = 0 \quad \text{maka } L_x = 0 + 1/2 w \cdot l = 1/2 w \cdot l$$

$$x = 1/2 l \quad \text{maka } L_x = -w \cdot l/2 + 1/2 w \cdot l = 0$$

$$x = l \quad \text{maka } L_x = -w \cdot l + 1/2 w \cdot l = -1/2 w \cdot l$$

- Momen lentur : $\sum M = 0$

$$M_x - R_A \cdot x + G_x \cdot 1/2 x = 0$$

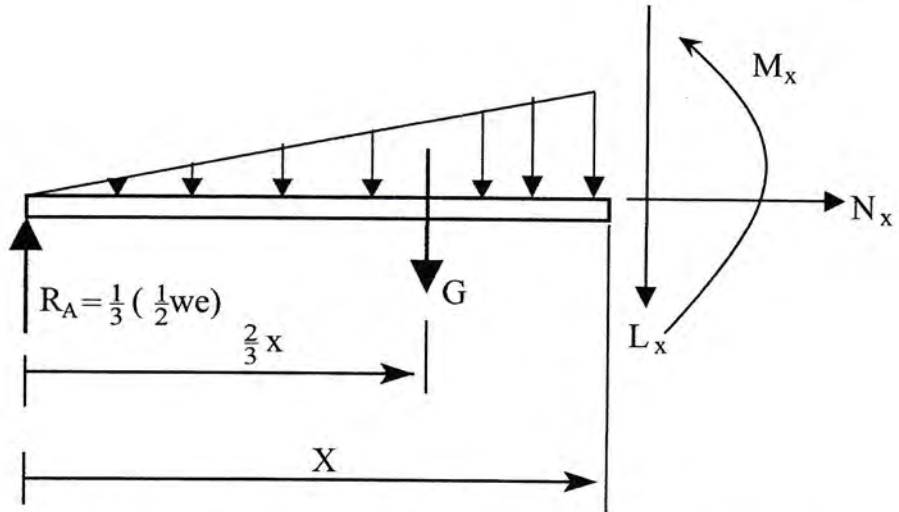
$$M_x = R_A \cdot x - G_x \cdot 1/2 x = 1/2 w \cdot l \cdot x - w \cdot x (1/2 x)$$

$$x = 0 \quad M_x = 0$$

$$x = 1/2 l \quad M_x = 1/2 w \cdot l \cdot 1/2 l - w \cdot 1/2 \cdot l (1/4 l) = 1/8 w \cdot l^2$$

$$x = l \quad M_x = 1/2 w \cdot l \cdot l - w \cdot l (1/2 l) = 0$$

3.3.c. Gaya dalam akibat gaya beban terbagi linier pada batang lurus



Gambar. 3.10 Gaya-gaya dalam pada potongan $0 \leq x \leq l$ cari dulu harga G_x

$$t/w = x/l \quad t = w \cdot x/l$$

$$G_x = x \cdot t / 2 \quad x \cdot w \cdot x / 2 = w/2 \cdot x^2 / l$$

- Gaya normal $\sum F_x = 0 \quad N_x = 0$

untuk $x = 0$, $x = 2/3 l$ dan $x = l$ maka $N_x = 0$

- Gaya lintang $\sum F_y = 0$, $L_x + G_x - R_A = 0$

$$L_x = -G_x + R_A = -w/2 \cdot x^2/l + 1/3 \cdot 1/2 \cdot w \cdot l$$

untuk $x = 0 \quad L_x = 0 + 1/3 (w/2 \cdot l) = 1/6 \cdot w \cdot l$

$x = 2/3 l \quad L_x = -w/2 \cdot ((2/3 l)^2 / l) + 1/3 (1/2 \cdot w \cdot l)$

$x = l \quad L_x = -w/2 \cdot l^2/l + 1/3 (1/2 w \cdot l) = -2/3 \cdot w \cdot l$

- Momen lentur : $\sum M = 0$

$$M_x - R_A \cdot x + G_x \cdot (1/3 \cdot x) = 0$$

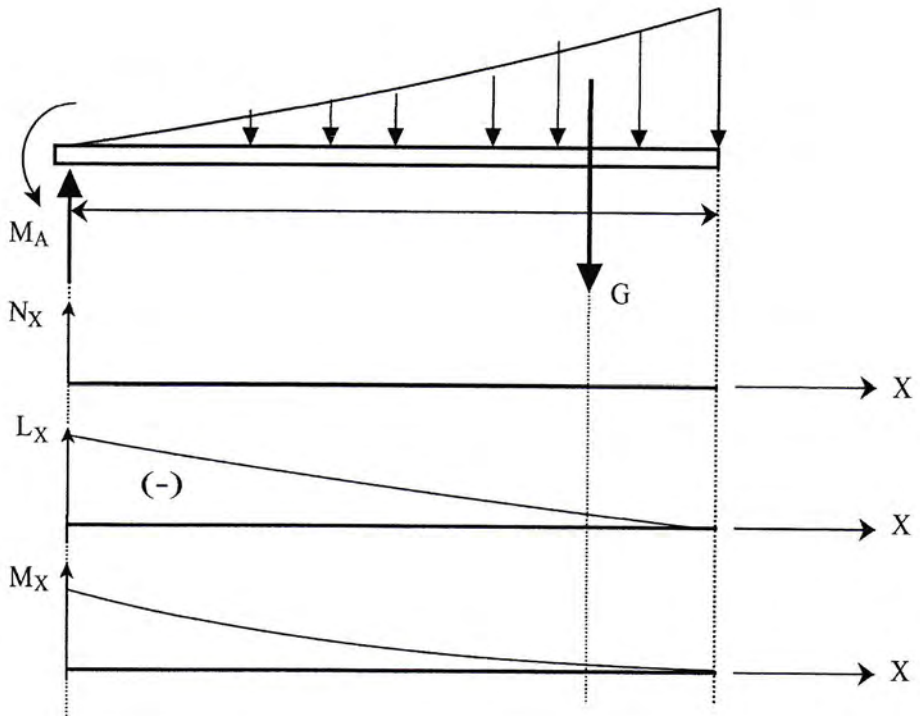
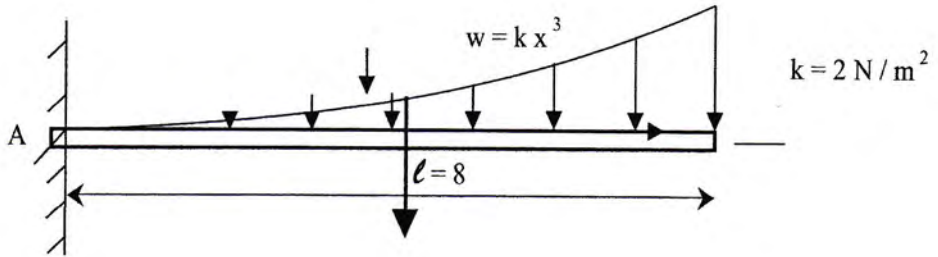
$$M_x = R_A \cdot x - w/2 \cdot x^2/l (1/3 x)$$

$x = 0 \quad M_x = 0$

$x = 2/3 l \quad M_x = 1/3 (1/2 w \cdot l) (2/3 l) - w/2 ((2/3 l)^2 / l) (1/3 \cdot 2/3 l) =$

$x = l \quad M_x = 1/3 (1/2 w \cdot l) (l) - w/2 l^2/l (1/3 \cdot l) = 0$

3.3.d. Gaya dalam dengan pembebanan non linier pada batang



Penyelesaian :

$$G = \int w \cdot dx = \int_0^8 k \cdot x^3 \cdot dx = \frac{1}{2} x^4 = 2048$$

Letak G adalah pada pusat berat, letak absis x .

$$X = \frac{\int x \cdot w dx}{G} = \frac{1}{2048} \int_0^8 x \cdot (kx^3) dx = \frac{1}{2048} \int_0^8 2x^4 dx = \frac{1}{2048} \frac{2}{5} x^5 = 6,4 \text{ m}$$

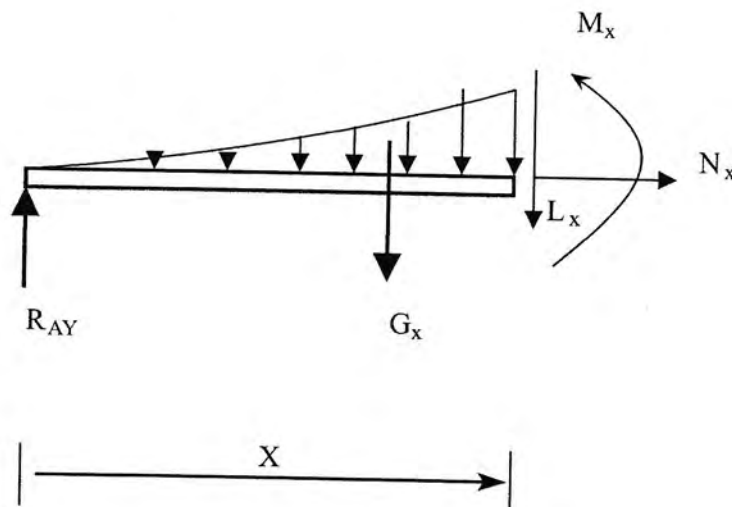
Lihat diagram benda bebas

$$\sum F_x = 0, \text{ maka } R_{Ax} = 0$$

$$\sum F_y = 0, \quad R_{Ay} = 2048 \text{ N}$$

$$\sum M = 0 \quad M_A - 2048(6,4) = 0, \text{ maka } M_A = 13107,2 \text{ Nm}$$

x dari kiri kekanan $0 \leq x \leq 8\text{m}$



Gambar 3.12 Gaya dalam pada Batang

- Gaya normal $\sum F_y = 0 \quad N_x = 0$
- Gaya lintang $\sum F_y = 0 \quad L_x - R_{Ay} + G_x = 0$

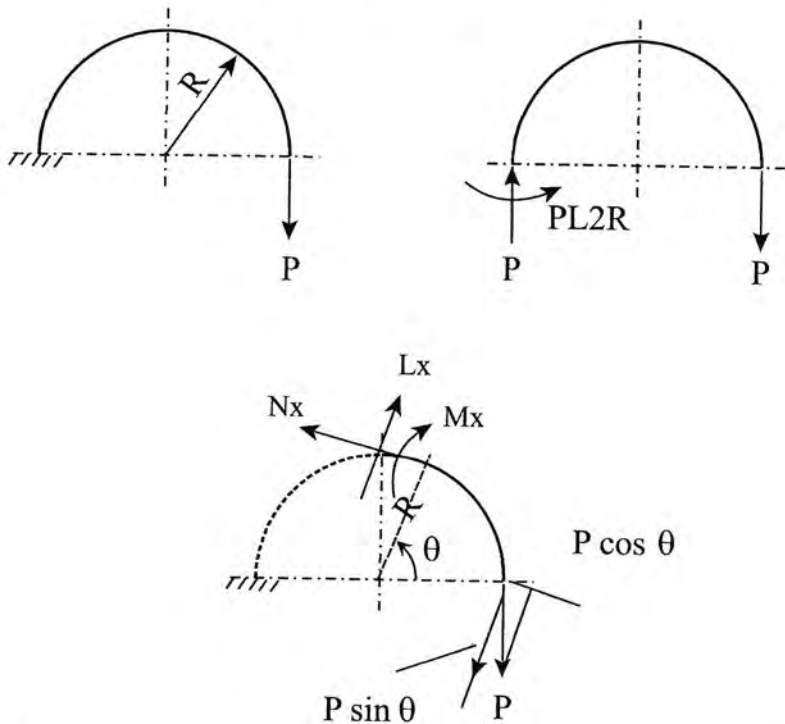
$$L_x = -G_x + R_{Ay} = (2048 - \frac{1}{2} \cdot x^4) \text{ N}$$

untuk $x = 0 \quad L_x = 2048 \text{ N}$

$x = 8 \quad L_x = 2048 - 1/2 \cdot 64 \cdot 64 = 0$

$x = 6,4 \quad L_x = 2048 - 1/2 \cdot 6,44 = 2048 - 106,72 = 1941,28 \text{ N}$

3.3.e. Gaya dalam akibat gaya beban terpusat pada batang lengkung bentuk 1/2 lingkaran



Gambar 3.13 Diagram gaya normal, gaya lintang dan momen lentur pada arah ccw

Gaya normal $\sum F_n = 0 \quad N_\theta - P \cos \theta = 0$

$$N_\theta - P \cos \theta$$

Untuk $\theta = 0^\circ \quad N_\theta = P \cos \theta = P$

$\theta = 90^\circ \quad N_\theta = P \cos 90 = 0$

$\theta = 180 \quad N_\theta = P \cos 180 = -P$

Gaya lintang $\sum F_l = 0$ $L - P \sin \theta = 0$

$L_\theta = P \sin \theta$

Untuk $\theta = 0^\circ$ $L_\theta = P \sin \theta = 0$

$\theta = 90^\circ$ $L_\theta = P \sin 90 = P$

$\theta = 180$ $L_\theta = P \sin 180 = 0$

- Momen lentur $\sum M = 0$

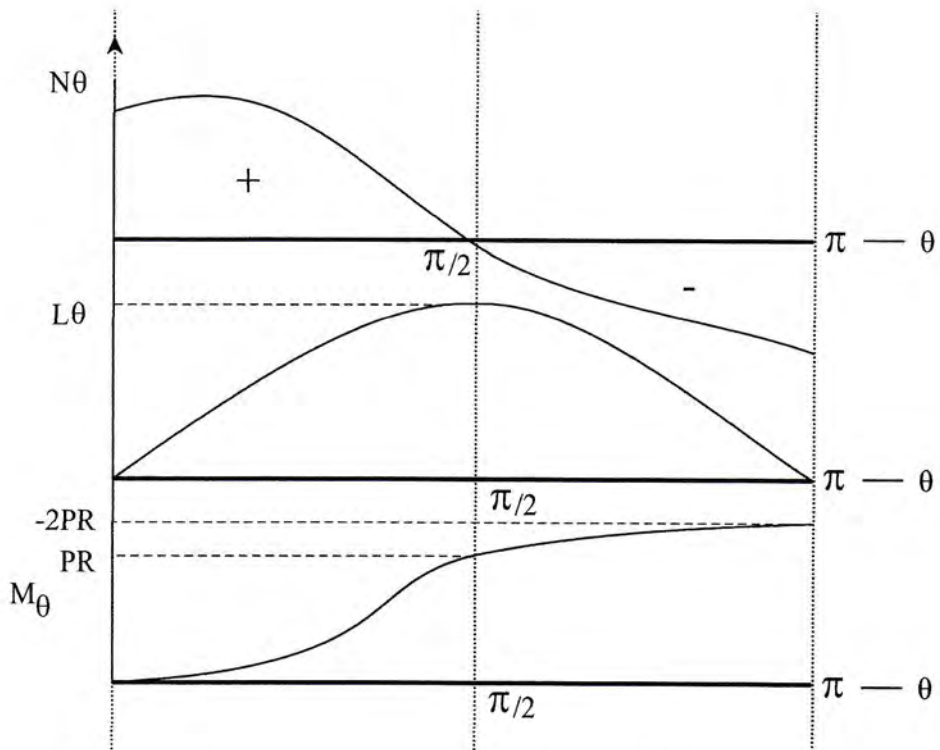
$M_\theta - P \cos \theta (R - R \cos \theta) + P \sin \theta (R \sin \theta) = 0$

$M_\theta = P \cos \theta (R - R \cos \theta) - P \sin \theta (R \sin \theta)$

$\theta = 0^\circ$ $M_\theta = 0$

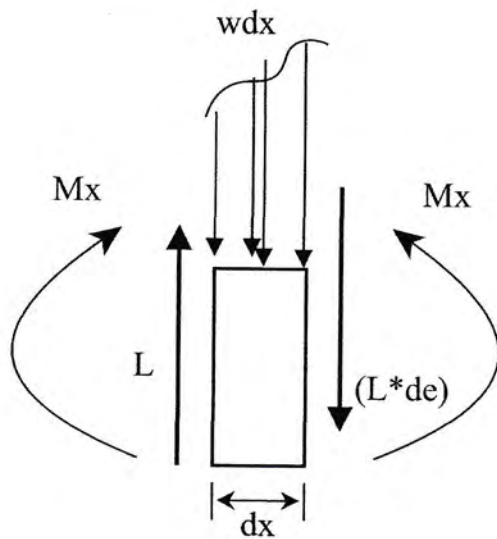
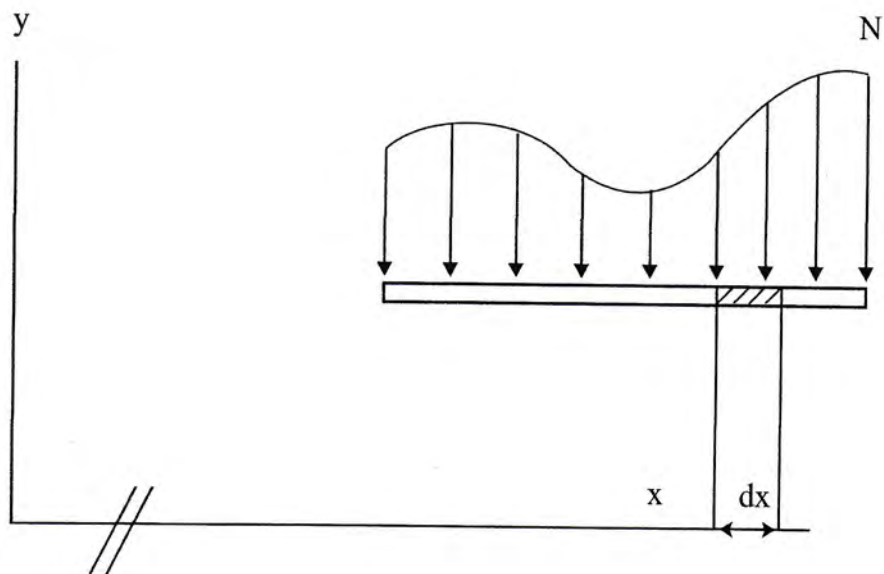
$\theta = 90^\circ$ $M_\theta = P \cos 90 (R - R \cos 90) - P \sin 90 (R \sin 90) = -PR$

$\theta = 180^\circ$ $M_\theta = -P (2R) = -2PR$



Gambar 3.14 Diagram gaya normal, gaya lintang dan momen lentur

3.4. Hubungan antara pembebanan (Gaya Beban yang Umum): Gaya Geser dan Momen Lentur



Gambar 3.15 Distribusi gaya akibat beban pada beam

Gambar 3.15 di atas adalah distribusi gaya beban pada batang (beam), dan elemen kecil dx dari batang diisolasi. Untuk ungkapan gaya persatuan panjang batang pada \ddot{E} terletak gaya geser L , dan momen bengkok M , dan pada $\ddot{E} + dx$, terletak gaya geser $L + dL$ dan momen bengkok $M + dM$. Keseimbangan untuk gaya arah vertikal, menjadi :

$$L - Wdx - (L + dL) = 0$$

$$W = - \frac{dL}{dx}$$

$$\int_{L_0}^L dL = - \int_{x_0}^x w \cdot dx$$

dimana:

L_0 = gaya geser pada x_0

L = gaya geser pada \ddot{E}

Keseimbangan momen:

$$M + wdx \frac{dx}{2} + (L + dL) - (M + dM) = 0$$

Pada persamaan atas bentuk $w \frac{dx}{2}$ dan $dL \cdot dx$ adalah diferensial orde tinggi sehingga dapat diabaikan. Dengan demikian:

$$L = \frac{dM}{dx} \dots\dots\dots 3.4.2$$

Dan dengan mengintegrasikan persamaan diatas:

$$\int_{M_0}^M dM = \int_{x_0}^x L dx$$

atau $M = M_0 + (\text{luas dibawah kurva dari } x_0 \text{ ke } \ddot{E})$

M_0 = momen bengkok pada x_0

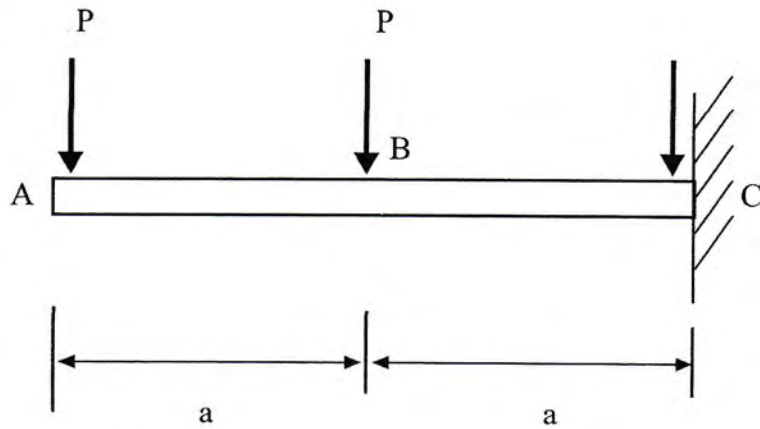
M = momen bengkok pada \ddot{E}

dan dari persamaan diatas dikombinasikan menghasilkan.

SOAL SOAL

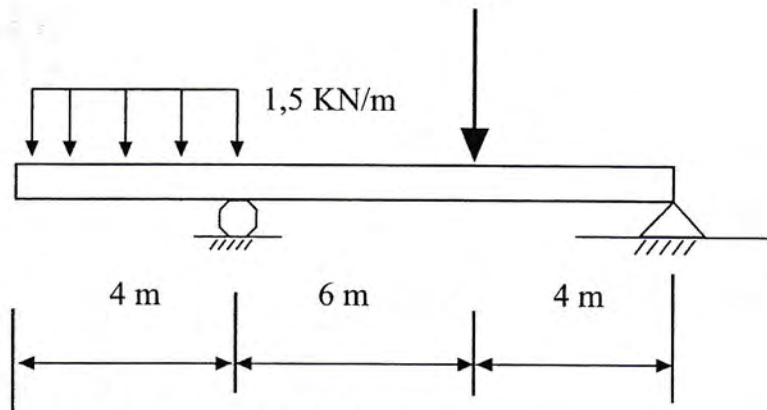
Gambarkan diagram gaya normal, gaya lintang dan momen lentur untuk batang prismatic pada pembebanan sebagai berikut :

1.



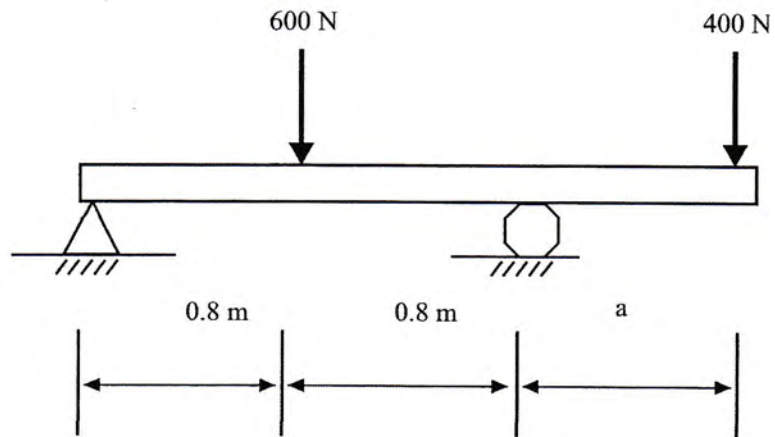
Jawab : $R_c = -2P$ dan $M_c = -3 P.a$

2.



Jawab : $M_d = +41,6\text{ kNm}$

3. Tentukan : Jarak a agar harga mutlak maksimum dari momen lentur pada balok adalah sekecil mungkin.



Jawab : $0,4\text{ m}$

BAB IV

GESEKAN

4.1. Pendahuluan

Gesekan merupakan gaya tangensial yang ditimbulkan oleh permukaan sentuh, dimana besar kecilnya tergantung pada interaksi seluruh permukaan nyata. Apabila terdapat kecenderungan dimana suatu permukaan sentuh meluncur sepanjang permukaan lain, maka gaya gesekan timbul dengan arah berlawanan dengan arah gerak. Pada bab ini akan dipelajari tentang gesekan kering atau gesekan coloumb, juga penerapan gesekan pada bidang mesin.

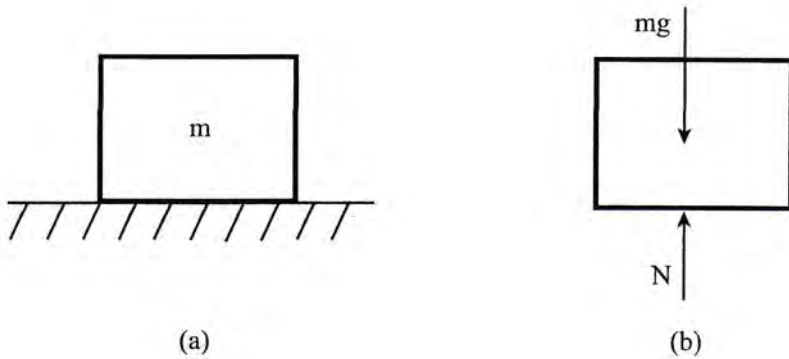
4.2. Jenis-Jenis Gesekan

Ada beberapa jenis hambatan gesek yang sering dijumpai dalam mekanika yaitu :

- (1) **Gesekan kering**, yaitu gaya gesek yang terjadi pada permukaan kering, dimana permukaan kedua buah benda yang bersentuhan tidak dilumasi baik dibawah kondisi menggelincir atau cenderung untuk menggelincir.
- (2) **Gesekan Fluida**, yaitu gesekan yang terjadi pada fluida timbul apabila pada lapisan-lapisan fluida yang mengalir mempunyai kecepatan yang berbeda. Besar gaya gesek ini tergantung pada kecepatan relatif antar lapisan. Jika tidak ada kecepatan relatif maka tidak timbul gaya gesek. Selain tergantung pada kecepatan relatif fluida gesekan fluida juga dipengaruhi oleh viskositas fluida.

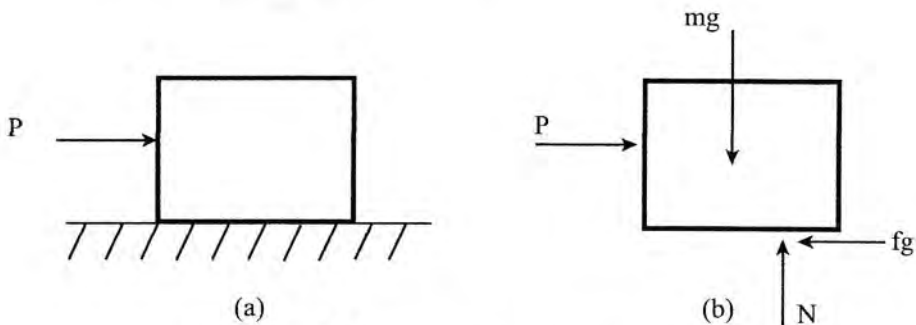
4.3. Gesekan Kering

Mekanisme gesekan terjadi diperlihatkan pada gambar 4.1 a, dimana balok dengan massa m yang diletakan diatas lantai horisontal yang memiliki kekasaran tertentu. Gambar 4.1.b menunjukkan diagram benda bebas dari balok dan gaya N adalah reaksi lantai terhadap balok atau disebut gaya normal. Percobaan dilakukan dengan menerapkan gaya horisontal sebesar P yang bervariasi dari harga nol sampai dengan harga yang cukup untuk menggerakkan balok tersebut.



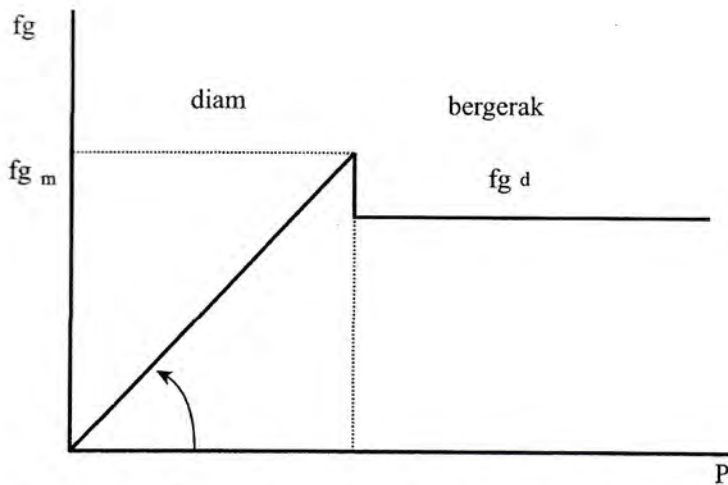
Gambar. 4.1 Ilustrasi gaya gesek pada lantai

Jika gaya P yang diberikan kecil maka balok tidak akan bergerak. Karena balok diam, maka pada balok harus bekerja gaya horisontal lain. Gaya horisontal tersebut diberikan lantai kepada balok. Gambar 4.2.b menunjukkan gaya sebesar f_g yang diberikan lantai terhadap balok. Besar harga f_g tergantung kepada kekasaran permukaan lantai dan besar dari massa balok dikalikan gaya gravitasi atau $f_g = \mu N$. Untuk menjaga keseimbangan momen, titik tangkap gaya N terletak sedikit disebelah kanan garis kerja gaya berat W .



Gambar. 4.2 Komponen-komponen gaya gesek

Jika P diperbesar maka gaya f_g akan ikut membesar sebanding perbesaran gaya P . Kalau P terus diperbesar gaya f_g akan terus membesar sampai nilai maksimumnya. Jika P terus diperbesar maka, f_g tidak dapat membesar lagi, dengan demikian benda akan mulai bergerak. Hubungan antara P dan f_g digambarkan pada gambar 4.3.



Gambar 4. -3. Hubungan antara gaya gesek dengan gaya yang bekerja

Perubahan menunjukkan bahwa gaya gesek maksimum fg_m , adalah sebanding dengan gaya normal N . Dengan demikian dapat dituliskan :

$$F_{g_{maksimum}} = \mu_s \cdot N \quad (4.1)$$

dimana μ_s , konstanta kesebandingan disebut koefesien gesek statik. Jika $P > fg_m$ benda akan bergerak. setelah benda bergerak ada penurunan besar gaya gesek dari fg ke fg_d (gaya gesek dinamik) dapat dituliskan :

$$F_{g_d} = \mu_d \cdot N \quad (4.2)$$

diman μ_d , adalah konstanta kesebandingan yang disebut koefesien gesek dinamik. Kedua koefesien gesek μ_s , dan μ_d , tidak bergantung pada jenis benda dan kualitas permukaan kedua benda yang saling kontak. Nilai perkiraan koefesien gesek statik antara kedua permukaan dapat dilihat pada tabel 1. Koefesien gesek dinamiknya kira-kira berkurang 25 % dari koefesien gesek statik.

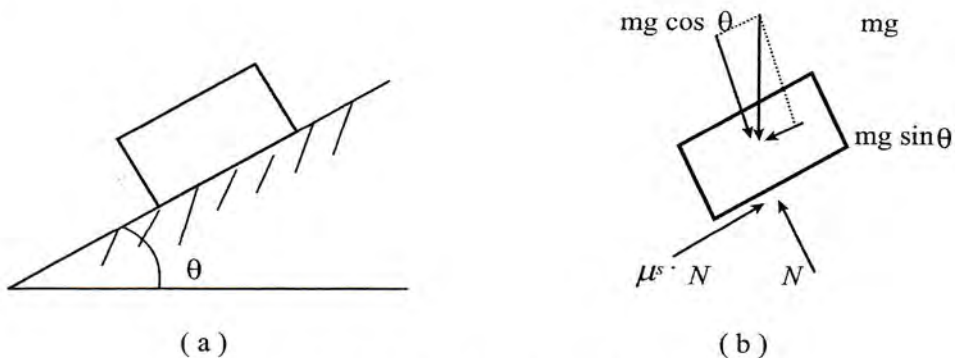
Tabel 4 1 Perkiraan koefisien gesek statik

No	Perrmukaan	Koefisien gesek (μ_s)
1	Metal-metal	0,15-0,06
2	Metal-kayu	0,20-0,60
3	Metal batu	0,30-0,70
4	Metal kulit	0,30-0,60
5	Kayu-kayu	0,25-0,50
6	Kayu kulit	0,40-0,70

Pengukuran koefisien gesek statik dapat menggunakan bidang miring sebagai salah satu cara untuk menentukan secara kasar nilai koefisien gesek statik. Gambar 4-4 menunjukkan balok yang diletakan pada bidang miring, dengan kemiringan dapat diubah-ubah. Untuk menentukan nilai koefisien gesek statik antara balok dan bidang miring, kemiringan bidang diperbesar perlahan-lahan sampai diperoleh suatu kemiringan dimana balok mulai bergerak. Misal kemiringan balok ketika mulai akan bergerak sebesar θ , karena balok akan bergerak, gaya gesek yang terjadi telah mencapai nilai maksimumnya, yaitu $\mu_s \cdot N$. Kesetimbangan dari diagram benda bebas gambar 4.4.b menunjukkan :

$$N = mg \cos \theta$$

$$\mu_s \cdot N = mg \sin \theta$$



Gambar. 4.4 Benda pada bidang miring

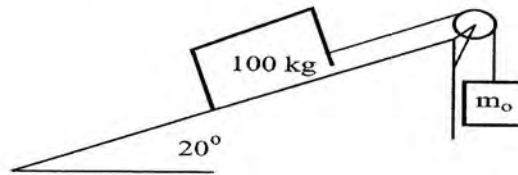
dan kedua persamaan diatas didapat bahwa:

$$\mu_s = \tan \theta \quad (4.3)$$

dengan demikian harga koefesien gesek statik antara balok dan bidang miring dapat dihitung dengan diketahui sudut kemiringan lantai.

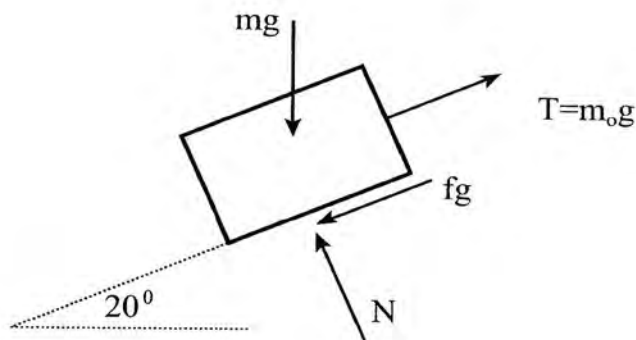
Contoh Soal : 4.1

Tentukan jangkauan nilai yang dapat dimiliki oleh massa m_o supaya balok 100 kg yang diperlihatkan pada gambar tidak mulai bergerak ke atas maupun menggelincir ke bawah pada bidang. Koefesien gesek statik permukaan kontak adalah 0.3.



Penyelesaian :

Jika balok akan segera bergerak keatas seperti diperlihatkan pada DBB 1, gaya gesek antara balok dan bidang miring bereaksi kebawah jika $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ maka berat balok $mg = 9.81 \times 100 = 9981 \text{ N}$. Persamaan keseimbangan DBB



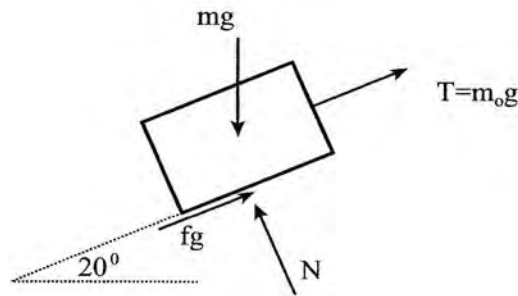
$$\sum F_y = 0 \quad ; N - 981 \cos 20^\circ = 0 \quad ; N = 922 \text{ N}$$

$$f_{g_{maks}} = \mu_s \cdot N ; f_{g_{maks}} = 0.30 \times 922 = 277 \text{ N}$$

sehingga :

$$\sum F_y = 0 ; m_o(9,81) - 277 - 981 \sin 20^\circ = 0 \quad m_o = 62,4 \text{ kg}$$

Nilai minimum diperlukan pada saat balok akan bergerak ke bawah bidang dapat dihitung dari DBB II kesetimbangan dalam arah x mensyaratkan



$$F_x = 0 ; m_o(9,81) + 277 - 981 \sin 20^\circ = 0 ; m_o = 6,0 \text{ kg.}$$

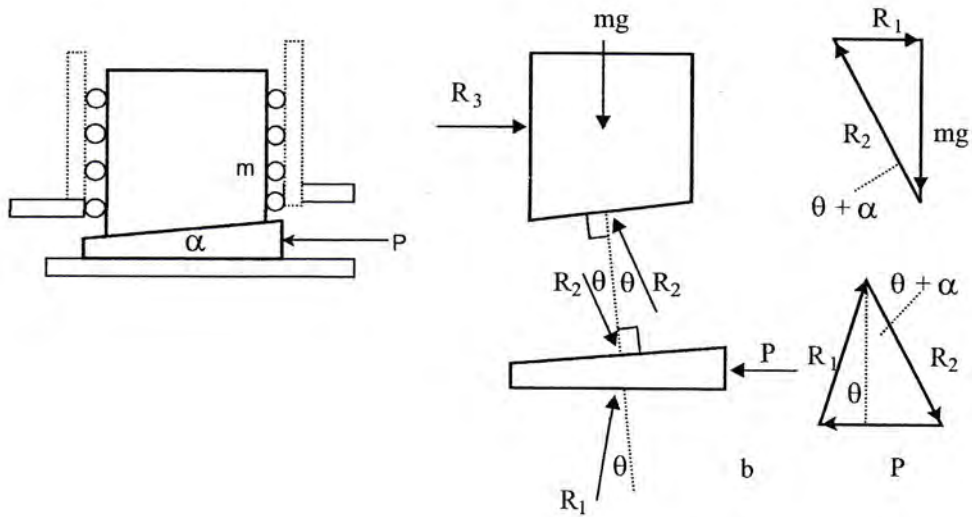
kesimpulan jawaban diatas bahwa nilai (range) untuk balok supaya tetap diam, harga m_o antara 6 - 62,4 kg.

4.4. Baji

Baji biasa dipakai untuk menghasilkan penyesuaian yang kecil posisi benda atau sebagai alas untuk menerapkan gaya yang besar. Sewaktu baji bergeser akan terjadi gaya resultan R pada setiap permukaan geser yang merupakan penjumlahan vektor dan gaya gesek dan gaya normal. Komponen resultan sepanjang permukaan merupakan gaya gesekan, yang selalu mempunyai arah yang berlawanan dengan gerakan baji relatif terhadap permukaan sentuh.

Gambar 4.5 menunjukkan sebuah baji untuk mengangkat atau mengatur posisi sebuah benda yang bermassa m , koefisien gesek pada bidang yang bersentuhan dari persamaan 4.3 bahwa $\mu_s = \tan \theta$, dari kesetimbangan segitiga gaya pada beban dan pada baji kita dapat menentukan berapa besar gaya P minimum yang dibutuhkan untuk mulai menggerakkan baji. Pada gambar 4.5.b menunjukkan bahwa

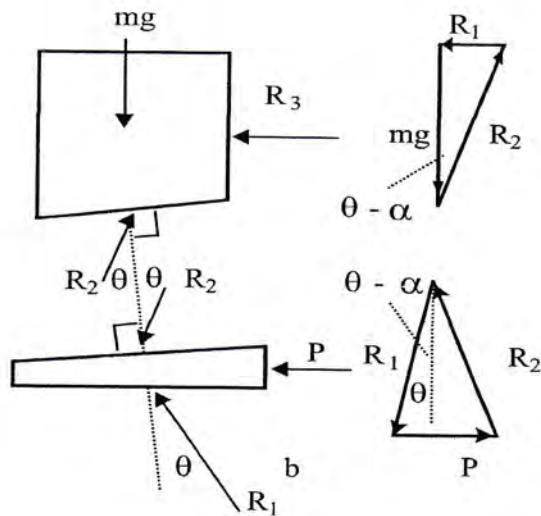
reaksi-reaksi miring sebesar sudut θ dari normalnya masing-masing dan arahnya berlawanan dengan arah gerakan, massa baji diabaikan.



Gambar 4.5 Komponen gaya untuk mengangkat beban

Penyelesaian persamaan diatas, pertama-tama R_2 dihitung dalam diagram bagian atas dengan menggunakan nilai mg yang diketahui. Kemudian gaya P dihitung dari segi tiga bawah begitu nilai R_2 telah ditentukan.

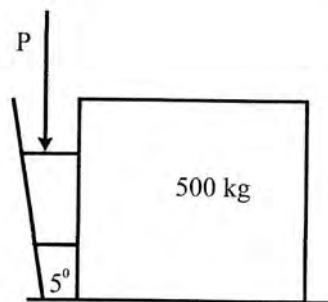
Jika gaya P pada baji dihilangkan dan baji tetap ditempat, maka kesetimbangan mensyaratkan bahwa P_1 dan P_2 harus kolinier masing-masing membuat sudut sebesar $\alpha/2$ terhadap normal permukaannya. Jadi selama $\alpha/2 < \theta$, gelinciran tak akan terjadi, baji terkunci sendiri. Jika baji yang terkunci dan akan dibuka, maka diperlukan sebuah tarikan sebesar P . Reaksi R_1 dan R_2 akan bereaksi pada sisi yang berlawanan dari normalnya untuk melawan gerakan baru yang akan segera terjadi. Gambar kondisi ini diperlihatkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Komponen gaya untuk menurunkan beban

Contoh soal 4.2 :

Balok beton dengan massa 500 kg disetel oleh baji 5° (lihat gambar di bawah) diberikan aksi gaya P. jika koefesien gesek statik untuk kedua permukaan baji tersebut adalah 0,3 dan koefesien gesek antara balok dan permukaan horizontal 0,6 tentukan gaya P terkecil yang diperlukan untuk menggerakkan balok.

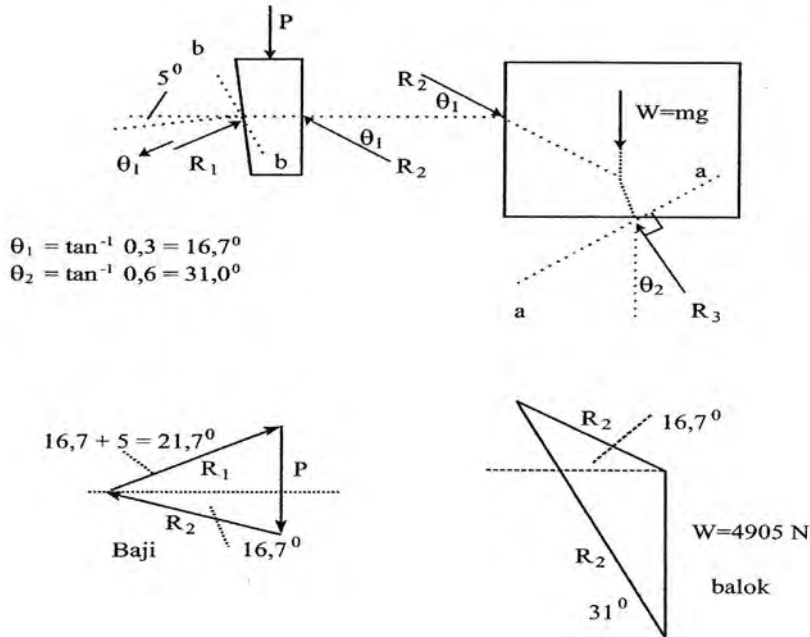


Penyelesaian :

DBB dari baji dua balok dengan reaksi R_1, R_2 , dan R_3 yang dimiringkan terhadap sumbu normalnya oleh besaran sudut gesekan untuk gerakan yang akan segera terjadi. Sudut gesekan dapat dihitung dari persamaan sebelumnya bahwa :

$$\Theta = \tan^{-1} \mu$$

Diagram benda bebas dari baji dan balok adalah :



Penyelesaian secara aljabar :

Pemilihan sumbu acuan yang paling sederhana untuk tujuan perhitungan, untuk balok adalah dalam arah a-a yang tegak lurus R_3 , untuk baji dalam arah b-b yang tegak lurus R_1 . Sudut antara R_2 dan arah a adalah $16,7 + 31,0 = 47,7^\circ$,

Jadi untuk balok :

$$\sum F_a = 0 \quad ; \quad 500 (9,81) \sin 31,0^\circ - R_2 \cos 47,7^\circ = 0$$

$$R_2 = 3747 \text{ N}$$

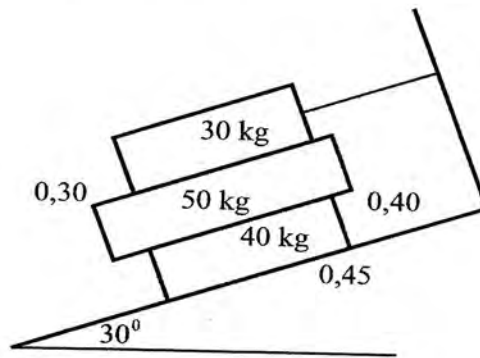
untuk baji, sudut antara R_2 dan arah b adalah : $90^\circ - (2\theta_1 + 5^\circ) = 51,6^\circ$, dan sudut P dengan arah b adalah $\theta_1 + 5^\circ = 21,7^\circ$, Jadi

$$\sum F_b = 0 \quad ; \quad 3747 \cos 51,6^\circ - P \cos 21,7^\circ = 0$$

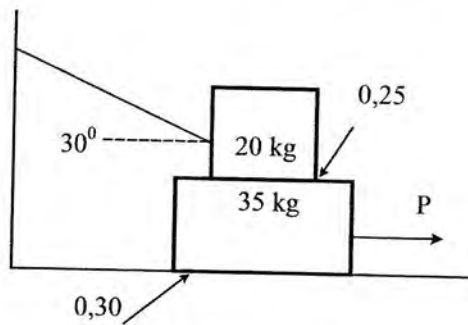
$$P = 2505 \text{ N}$$

Soal-Soal :

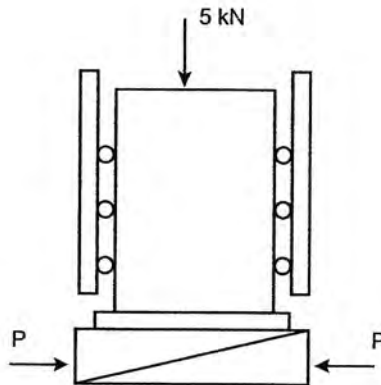
1. Tiga buah balok datar ditempatkan pada bidang miring 30° seperti diperlihatkan, dan gaya P yang sejajar dengan bidang miring diterapkan pada balok tengah. Balok alas agar tidak bergerak ditahan oleh kawat yang mengait pada penahan tetap. Koefesien gesek statik untuk masing-masing dari ketiga permukaan tersebut ditunjukkan pada gambar. Tentukan nilai P maksimum sebelum terjadi gelinciran.



2. Hitung gaya P maks pada saat balok akan bergerak ke kanan

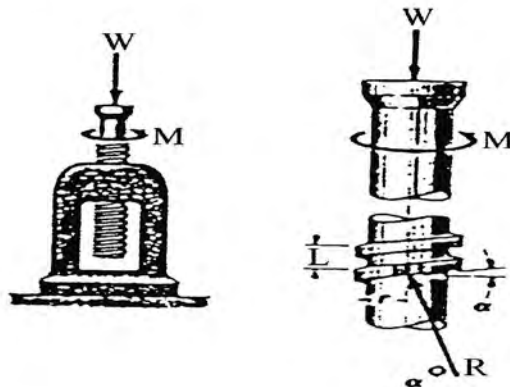


3. Dua baji 5° dipakai untuk menyatel posisi kolom beban vertikal 5 kN. Tentukan besar gaya P yang diperlukan untuk menaikan kolom jika koefesien gesekan permukaan yang bersentuhan adalah 0,40.



4.5. Sekrup

Sekrup banyak digunakan untuk mengencangkan dan untuk memindahkan daya atau gerakan. Akibat kontak antara dua permukaan, akan terjadi gesekan yang dapat menentukan aksi ulir sekrup. Untuk transmisi daya atau gerakan, ulir pergegi lebih efisien dari pada ulir bentuk V. Pada bagian berikut, analisis dibatasi hanya pada ulir segi empat saja.



Gambar 4.7 Dongkrak ulir

Perhatikan ulir sekrup segi empat pada dongkrak ulir di atas. Ulir tersebut menerima beban aksial sebesar W dan momen M yang bekerja terhadap sumbu sekrup. Sekrup memiliki kelajuan sebesar L setiap putaran dengan jari-jari rata-rata

r. Gaya R yang dikenakan oleh ulir kerangka dongkrak pada bagian kecil dari ulir sekrup ditunjukkan pada diagram benda beban sekrup tersebut pada gambar di sebelah kanan. Reaksi yang sama besar terjadi pada seluruh ruas ulir yang bersentuhan dengan landasan ulir. Jika M hanya cukup untuk memutar ulir sekrup, maka ulir sekrup akan menggelincir dan meluncur ke atas pada ulir tetap pada rangka. Sudut Φ antara R dan normal terhadap ulir akan menjadi sudut gesekan, sehingga $\tan \Phi = \mu$. Momen R terhadap sumbu vertikal sekrup adalah $R r \sin(\alpha + \Phi)$ sedangkan momen total yang disebabkan oleh semua reaksi pada ulir adalah $\sum R r \sin(\alpha + \Phi)$. Karena $r \sin(\alpha + \Phi)$ terdapat dalam setiap suku, maka kita dapat memfaktorkannya ke luar. Persamaan kesetimbangan momen untuk sekrup menjadi :

$$M = \{ r \sin(\alpha + \Phi) \} \sum R$$

Kesetimbangan gaya dalam arah aksial selanjutnya mensyaratkan

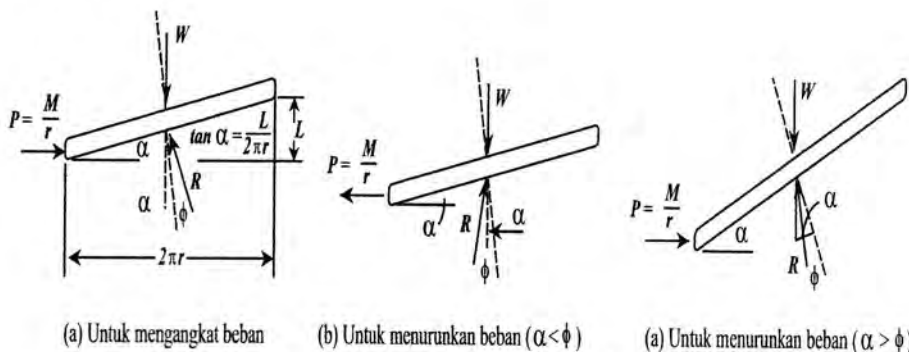
$$W = \sum R \cos(\alpha + \Phi) = \{ \cos(\alpha + \Phi) \} \sum R$$

Membagi M dan W menghasilkan

$$M = W r \tan(\alpha + \Phi)$$

Kita dapat menentukan sudut helix α dengan memutar lepas ulir sekrup untuk satu putaran penuh dimana dapat dilihat dengan segera bahwa $\alpha = \tan^{-1} (L/2\pi r)$.

Kita dapat memakai ulir yang telah diputar lepas dari sekrup sebagai model alternatif untuk menirukan aksi keseluruhan sekrup, seperti diperlihatkan pada Gambar 4 – 8 . Gaya setara yang diperlukan untuk mendorong ulir bergerak ke atas bidang miring tetap adalah $P = M / r$, dan segitiga vektor gaya memberikan persamaan (4. 4).



Gambar 4.8 Konfigurasi Gaya Setara.

Jika momen M ditiadakan, maka arah gaya gesekan berubali sehingga Φ diukur terhadap sisi lain normal ulir. Sekrup akan tetap di tempatnya dan terkunci sendiri selama $\alpha < \Phi$ dan akan hampir segera diputar lepas $\alpha = \Phi$.

Untuk menurunkan beban dengan memutar lepas sekrup yang bersangkutan, kita harus membalik arah M selama $\alpha < \Phi$. Kondisi ini dilukiskan dalam Gambar 4 – 8. di atas. Untuk alir simulasi pada bidang miring tetap, dan akan terlihat bahwa suatu gaya selara. $P = M / r$ harus diterapkan pada ulir tersebut untuk menariknya ke bawah bidang miring. Oleh karena itu, dari segitiga vektor kita memperoleh momen yang diperlukan untuk menurunkan sekrup, yang besarnya adalah :

$$M = W r \tan (\alpha < \Phi) \quad (4.5)$$

Jika $\alpha < \Phi$, sekrup akan terputar lepas olehnya sendiri, dan dapat kita lihat dari Gambar 4.-8 © diatas, bahwa momen yang diperlukan untuk mencegah keadaan terputar lepas ini akan menjadi :

$$M = W r \tan (\alpha < \Phi) \quad (4.-6)$$

Contoh Soal 4.3 :

Sekrup berulir tunggal dari ragum memiliki diameter rata-rata sebesar 1” dan mempunyai 5 ulir persegi tiap inci. Koefisien gesekan statik dalam ulir adalah 0,2. Suatu tarikan 60 lb yang diterapkan tegak lurus terhadap gagang di A menghasilkan gaya jepit sebesar 1000 lb antara rahang-rahang ragum. (a) Tentukan momen gesekan MB yang timbul di B akibat dorongan sekrup terhadap rahang. (b) Tentukan gaya Q yang diterapkan tegak lurus terhadap gagang di A yang diperlukan untuk mengendurkan ragum.

Penyelesaian:

Dari diagram benda bebas rahang pertama- tama kita dapatkan tarikan T pada sekrup.

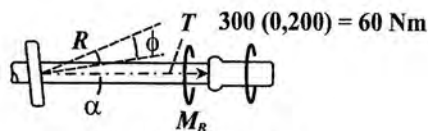
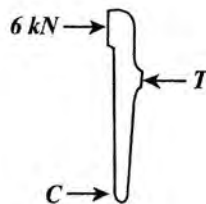
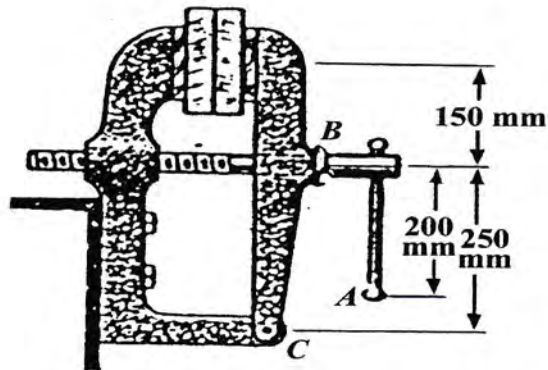
$$\Sigma M_c = 0$$

$$1000 \times 16 - 10 T = 0 \quad T \rightarrow 1600 \text{ lb.}$$

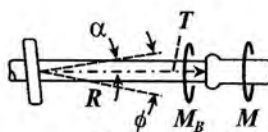
Sudut helix α dan sudut gesek untuk ulir diberikan oleh ;

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{1}{2} \pi r \right) \tan^{-1} \frac{1/5}{2\pi \left(\frac{1}{2} \right)} = 3,64^\circ$$

$\Phi = \tan^{-1} \mu = \tan^{-1} 0,2 = 11,31^\circ$ dimana
radius ulir rata-rata adalah $r = 0,5''$.



(a) Mengencangkan



(b) Mengendurkan

- (a) Untuk mengencangkan sekrup yang terisolasi tersebut disimulasikan oleh diagram benda bebas yang diperlihatkan dimana semua gaya yang beraksi pada ulir sekrup diwakili oleh sebuah gaya tunggal R yang dimiringkan dengan sudut gesekan Φ dari normal ulir. Momen yang diterapkan terhadap sumbu

sekrup adalah $60(8) = 480 \text{ lb.in}$ searah jarum jam bila dilihat dari ragum. Momen gesekan M_B akibat gaya gesek yang beraksi pada kerah di B berlawanan arah dengan arah jarum jam menahan gerakan yang akan segera terjadi. Momen netto yang bekerja pada sekrup ialah

$$M = T r \tan (\alpha < \Phi)$$

$$480 - M_B = 1600 (0,5) \tan (3,64 + 11,31)^\circ$$

$$M_B = 266 \text{ lb.in}$$

- (b) Untuk mengendorkan diagram benda bebas yang hampir kendur diperlihatkan dengan R besar beraksi pada sudut gesekan dari normal dalam arah meniadakan gerakan yang akan segera terjadi, Juga diperlihatkan momen gesekan $M_B = 266 \text{ lb. in}$ yang bekerja searah jarum jam untuk melawan gerakan tersebut. Sudut antara r dan sumbu sekrup kini adalah $\alpha < \Phi$, dengan momen netto sama dengan momen yang diterapkan $M' - M_B$ sehingga kita peroleh persamaan ;

$$M = T r \tan(\alpha < \Phi)$$

$$M' - 266 = 1600 (1/2) \tan (11,31 - 3,64)^\circ$$

$$M' = 374 \text{ lb.in}$$

Jadi gaya pada gagang yang diperlukan untuk mengendurkan ragum adalah $Q = M' / d = 374 / 8 = 46,8 \text{ lb.}$

Catatan: 1. *Berhati-hatilah untuk menghitung sudut helix yang benar. Tangennya adalah laju L (kemampuan tiap putaran) yang dibagi dengan keliling rata-rata $3 p r$ dan bukan diameter $2 r$.*

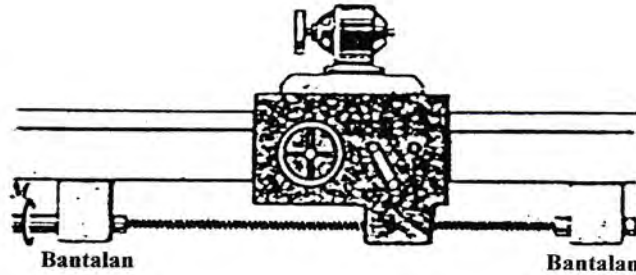
2. *Perhatikan bahwa R berayun ke sisi yang berlawanan dari normal begiru gerakan yang akan segera terjadi berubah arah.*

Soal-Soal:

1. Tentukan momen puntir M yang dibutuhkan pada setiap sekrup bermotor yang diperlukan untuk mengatasi hambatan sebesar 450 N terhadap gerakan eretan mesin bubut sepanjang jalur hirosontalnya. Sekrup tersebut berdiameter rata-rata 25 mm dan mempunyai dua ulir persegi yang terpisah yang dapat

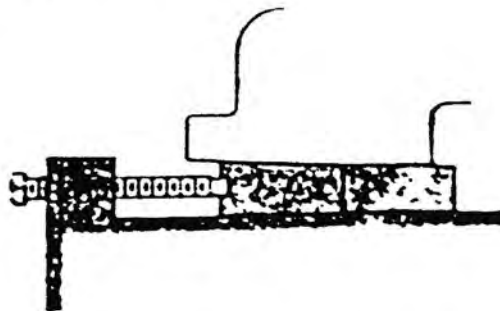
mengerakkaneretan sejauh 20 mm setiap putaran sekrup. Koefisien gesekan dapat dimnbil sebesar 0,2.

Jawab: $M= 2,69 \text{ Nm}$.



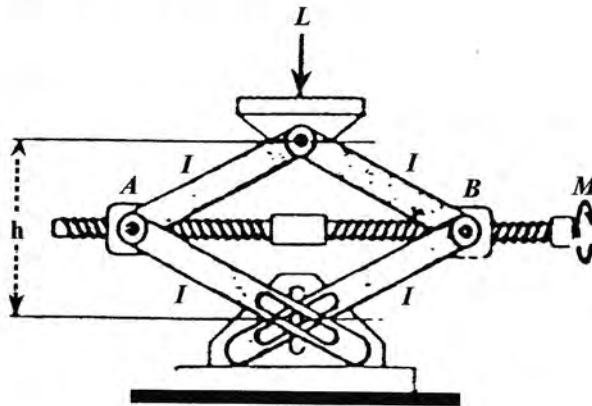
2. Penyejajaran yang seksama dari mesin diesel hevy duty pada pondasinya dilakukan oleh baji yang dipasangi sekrup dibawah setiap dari keempat bingkai flensnya. Hitunglah gaya dorong horisontal P pada sekrup pengatur yang diperlukan untuk menaikkan bingkai flens ini, jika masing-masingnya menopang seperempat dari massa total mesin seberat 4,8 Mg. Koefisien gesekan untuk kedua sisi baji ialah 0,25.

Jawab : $P = 6,33 \text{ kN}$



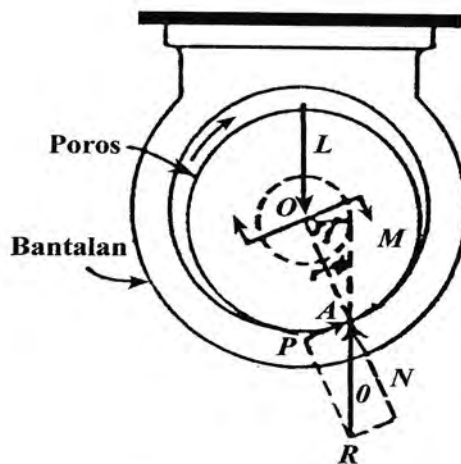
3. Sebuah dongkrak tipe gunting mempunyai ulir ganda yang menyambung kerah berulir A dan B. Ulir tersebut memiliki diameter rata-rata 0,75" dan laju (kemajuan tiap putaran) 0,4" dengan koefisien gesek sebesar 0,25 untuk ulir. Hitunglah momen puntir m pada sekrup yang diperlukan untuk mengangkat beban $L = 3000 \text{ lb}$ dan posisi dimana $h = l$ dan hitunglah momen puntir M' yang diperlukan untuk menurunkan beban pada posisi yang sama.

Jawab : $M' = 1709 \text{ lb.in.}$, dan $M = 300 \text{ lb.in.}$



4.6. Bantalan Jurnal (Bantalan Tap)

Bantalan jurnal adalah bantalan yang memberikan dukungan sisi terhadap poros, dan bukan dukungan aksial atau dukungan dorong. Untuk bantalan kering dan untuk banyak bantalan yang terlumasi sebagian kita dapat menerapkan prinsip gesekan kering, yang memberikan kita pendekatan yang memuaskan untuk keperluan perancangan. Sebuah bantalan jurnal kering atau yang terlumasi sebagian dengan sentuhan atau hampir sentuhan antara poros dan bantalan ditunjukkan pada Gambar 4-9 di bawah, dimana jarak ruang kosong antara poros dan bantalan diperbesar untuk memperjelas aksi.



Gambar 4-9 Konfigurasi Bantalan

Pada saat poros mulai berputar dalam arah yang diperlihatkan, poros tersebut menggelinding ke atas pada permukaan dalam bantalan sampai terjadi gelinciran. Disini poros berada dalam posisi yang lebih kurang tetap selama rotasi. Momen puntir M yang diperlukan untuk mempertahankan rotasi dan beban radial L pada poros akan menyebabkan sebuah reaksi R di titik sentuh A .

Untuk keseimbangan vertikal, R harus sama dengan L , tetapi tidak akan kolinear dengannya. Jadi R menjadi tangen terhadap lingkaran kecil jari-jari r_f yang disebut lingkaran gesekan. Sudut antara R dan komponen normal N merupakan sudut gesekan θ menyamakan jumlah momen terhadap A sama dengan nol menghasilkan :

$$M = L r_f = L r \sin \Phi \quad (4.7)$$

Untuk koefisien gesekan kecil, sudut θ kecil, dan sinus dapat diganti dengan tangen dengan hanya menyebabkan kesalahan sangat kecil. Karena $\mu = \tan \Phi$, maka pendekatan yang baik untuk momen torsi adalah :

$$M = \mu L r \quad (4.8)$$

Hubungan ini menyatakan besar momen puntir atau momen yang diterapkan pada poros yang diperlukan untuk mengatasi gesekan pada bantalan jurnal yang kering atau terlumasi sebagian.

Contoh Soal 4.4 :

Sebuah engkol berbentuk lonceng dipasang pada poros berdiameter 100 mm yang tetap dan tak dapat berotasi. Gaya horisontal T diterapkan untuk mempertahankan kesetimbangan engkol di bawah aksi gaya vertikal $P = 100$ N. Tentukan nilai maksimum dan minimum yang dapat dimiliki T tanpa menyebabkan berotasinya engkol dalam salah satu arah Koefisien gesekan statis μ antara poros dan permukaan bantalan engkol adalah 0,2.

Penyelesaian:

Rotasi akan segera terjadi bila reaksi R dari poros tetap pada engkol lonceng

Kunjungi
Perpustakaan
Universitas Medan
Area untuk
Mendapatkan
Fulltext

DAFTAR PUSTAKA

1. Beer and Johnston, 1987, *Mechanics for Engineers*, Mc. Grave Hill.
2. Meriam, 1997, *Statics*, John Wiley.
3. Popov, 1978, *Mechanics of materials*, Prentice-Hall
4. Sutjiatmo, B, 1990, *Diktat Statika*, Jurusan Teknik Mesin ITB.
5. Timoshenko, 1988, *Kekuatan Bahan*, Erlangga.