

## KESEIMBANGAN BENDA TEGAR

### Pendahuluan.

Dalam cabang ilmu fisika kita mengenal MEKANIKA.

Mekanika ini dibagi dalam 3 cabang ilmu yaitu :

a. KINEMATIKA = Ilmu gerak

Ilmu yang mempelajari gerak tanpa mengindahkan penyebabnya.

b. DINAMIKA = Ilmu gaya

Ilmu yang mempelajari gerak dan gaya-gaya penyebabnya.

c. STATIKA = Ilmu keseimbangan

Ilmu yang mempelajari tentang keseimbangan benda.

Untuk cabang kinematika dan dinamika sudah dipelajari dikelas satu dan dua. Pada bab ini kita akan membahas mengenai STATIKA. dan benda-benda yang ditinjau pada bab ini dianggap sebagai benda tegar.

### Definisi-definisi yang harus dipahami pada statika.

a. Keseimbangan / benda seimbang artinya :

Benda dalam keadaan diam atau pusat massanya bergerak dengan kecepatan tetap.

b. Benda tegar : adalah suatu benda yang tidak berubah bentuk bila diberi gaya luar.

c. Partikel : adalah benda dengan ukuran yang dapat diabaikan, sehingga benda dapat digambarkan sebagai titik dan gerak yang dialami hanyalah gerak translasi.

Momen gaya : adalah kemampuan suatu gaya untuk dapat menyebabkan gerakan rotasi. Besarnya MOMEN GAYA terhadap suatu titik sama dengan perkalian gaya dengan lengan momen.

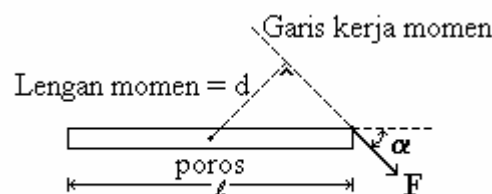
$$\lambda = d \cdot F$$

$$\lambda = \text{momen gaya}$$

$$d = \text{lengan momen}$$

$$F = \text{gaya}$$

Lengan momen : adalah panjang garis yang ditarik dari titik poros sampai memotong tegak lurus garis kerja gaya.



Gambar :1

$$\lambda = F \cdot d$$

$$= F \cdot l \cdot \sin \alpha$$

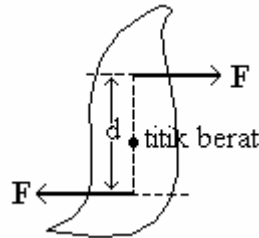
Perjanjian tanda untuk MOMEN GAYA.

\* Momen gaya yang searah jarum jam bertanda POSITIF.

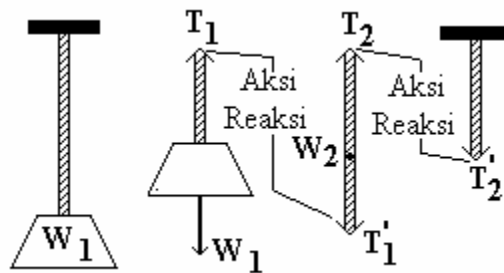
\* Momen gaya yang berlawanan arah jarum jam bertanda NEGATIF.

- g. Koppel : adalah dua gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah dan memiliki garis-garis kerja yang berbeda.

Momen koppel terhadap semua titik sama besar, yaitu :  $F \cdot d$



- h. Pasangan gaya aksi - reaksi.



$W_1$  = Gaya berat balok

$W_2$  = Gaya berat tali

Balok digantung dalam keadaan diam pada tali vertikal.

gaya  $W_1$  dan  $T_1$  bukanlah pasangan aksi - reaksi, meskipun besarnya sama, berlawanan arah dan segaris kerja.

Sedangkan yang merupakan pasangan aksi - reaksi.

### **Macam - macam Keseimbangan.**

Ada 3 macam keseimbangan, yaitu :

- a. Keseimbangan translasi apabila benda tak mempunyai percepatan linier (  $a = 0$  )

$$\Sigma F = 0$$

dapat diurai ke sumbu x dan y

$$\Sigma F_x = 0 \quad \text{dan} \quad \Sigma F_y = 0$$

$\Sigma F_x$  = Resultan gaya pada komponen sumbu x.

$\Sigma F_y$  = Resultan gaya pada komponen sumbu y.

Benda yang mempunyai persyaratan tersebut mungkin :

- Diam
- Bergerak lurus beraturan.

- b. Keseimbangan rotasi, apabila benda tidak memiliki percepatan angular atau benda tidak berputar (  $\Sigma \lambda = 0$  )

$$\Sigma \lambda = 0$$

Benda yang mempunyai persyaratan tersebut mungkin :

- Diam
- Bergerak melingkar beraturan.

- c. Keseimbangan translasi dan rotasi, apabila benda mempunyai kedua syarat keseimbangan yaitu :

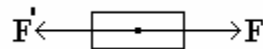
$$\Sigma F = 0$$

$$\Sigma \lambda = 0$$

Dari macam-macam keseimbangan yang telah kita ketahui tersebut maka dapat diperjelas dengan uraian berikut ini tentang :

#### SYARAT-SYARAT SEBUAH BENDA DALAM KEADAAN SETIMBANG/DIAM.

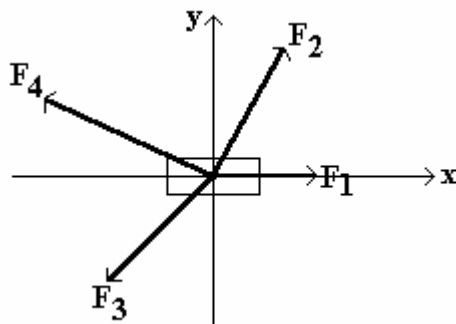
- a. Jika pada sebuah benda bekerja satu gaya F.



Syarat setimbang :

Pada garis kerja gaya F itu harus diberi gaya F' yang besarnya sama dengan gaya F itu tetapi arahnya berlawanan.

- b. Jika pada benda bekerja gaya-gaya yang terletak pada satu bidang datar dan garis kerjanya melalui satu titik.



Syarat setimbang :

1. Gaya resultanya harus sama dengan nol.
2. Kalau dengan pertolongan sumbu-sumbu x dan y, haruslah :

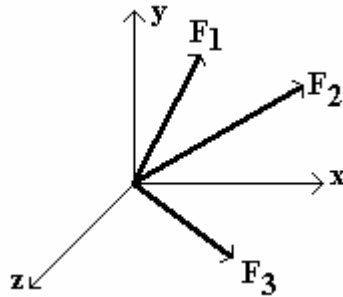
$$\Sigma F_x = 0 \quad ; \quad \Sigma F_y = 0$$

- c. Jika pada sebuah benda bekerja gaya-gaya yang tidak terletak pada satu bidang datar tetapi garis-garis kerjanya melalui satu titik.

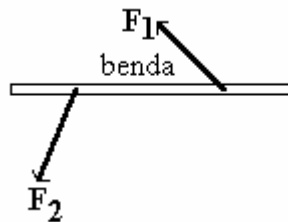
Syarat setimbang :

Dengan pertolongan sumbu-sumbu x, y dan z, haruslah :

$$\Sigma F_x = 0 \quad ; \quad \Sigma F_y = 0 \quad ; \quad \Sigma F_z = 0$$



- d. Jika pada sebuah benda bekerja gaya-gaya yang tidak terletak pada satu bidang datar tetapi garis-garis kerjanya tidak melalui satu titik.



Syarat setimbang :

Dengan pertolongan sumbu-sumbu x dan y, haruslah :

$$\Sigma F_x = 0 \quad ; \quad \Sigma F_y = 0 \quad ; \quad \Sigma \lambda = 0$$

Momen gaya-gaya boleh diambil terhadap sebarang titik pada bidang gaya-gaya itu. ( titik tersebut kita pilih sedemikian hingga memudahkan kita dalam menyelesaikan soal-soal )

\* Perpindahan sebuah gaya kesuatu titik yang lain akan menimbulkan suatu koppel.

### **Keseimbangan Stabil, Labil dan Indiferen ( Netral )**

Pada benda yang diam ( Statis ) kita mengenal 3 macam keseimbangan benda statis, yaitu :

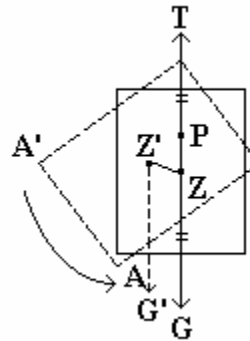
- Stabil ( mantap / tetap )
- Labil ( goyah / tidak tetap )
- Indiferen ( sebarang / netral )

Contoh-contoh :

1. Untuk benda yang digantung.

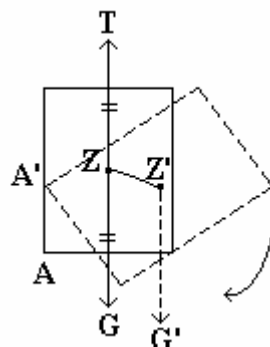
Keseimbangan stabil : apabila gaya yang diberikan padanya dihilangkan. Maka ia akan kedudukan semula.

Sebuah papan empat persegi panjang digantungkan pada sebuah sumbu mendatar di P ( sumbu tegak lurus papan ). Titik berat Z dari papan terletak vertikal di bawah titik gantung P, sehingga papan dalam keadaan ini setimbang stabil. Jika ujung A papan di putar sedikit sehingga titik beratnya semula ( Z ), maka kalau papan dilepaskan ia akan berputar kembali kekesesimbangannya semula.



Hal ini disebabkan karena adanya suatu koppel dengan gaya berat  $G$  dan gaya tegangan tali  $T$  yang berputar kekanan. (  $G = N$  ), sehingga papan tersebut kembali kekesesimbangannya semula yaitu seimbang stabil.

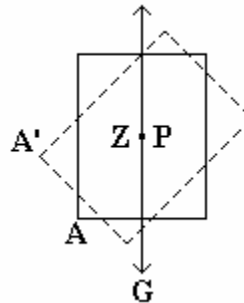
Keseimbangan labil : Apabila gaya yang diberikan padanya dihilangkan, maka ia tidak akan dapat kembali ke kedudukan semula.



Kalau titik gantung P tadi sekarang berada vertikal di bawah titik berat Z maka papan dalam keadaan seimbang labil Kalau ujung A papan diputar sedikit naik kekiri sehingga titik beratnya sekarang (  $Z'$  ) di bawah titik beratnya semula (  $Z$  ), maka kalau papan dilepaskan ia akan berputar turun ke bawah, sehingga akhirnya titik beratnya akan berada vertikal di bawah titik gantung P. Hal ini disebabkan karena

adanya suatu koppel dengan gaya berat  $G$  dan gaya tekanan ( tegangan tali )  $T$  yang berputar kekiri (  $G = T$  ), sehingga papan turun ke bawah dan tidak kembali lagi kekeseimbangannya semula.

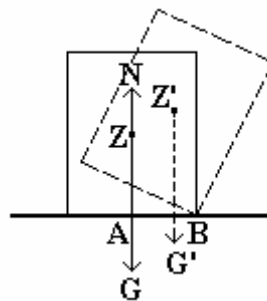
Keseimbangan indifferen : Apabila gaya yang diberikan padanya dihilangkan, maka ia akan berada dalam keadaan keseimbangan, tetapi di tempat yang berlainan.



Kalau titik gantung  $P$  tadi sekarang berimpit dengan titik berat  $Z$ , maka papan dalam keadaan ini setimbang indifferen. Kalau ujung  $A$  papan di putar naik, maka gaya berat  $G$  dan gaya tekanan  $T$  akan tetap pada satu garis lurus seperti semula ( tidak terjadi koppel ) sehingga papan di putar bagaimanapun juga ia akan tetap seimbang pada kedudukannya yang baru.

## 2. Untuk benda yang berada di atas bidang datar.

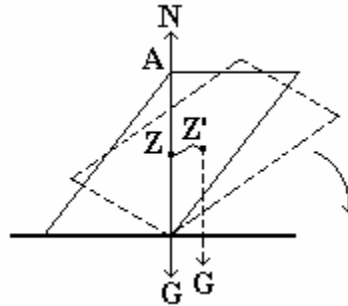
Keseimbangan stabil :



Sebuah paralelepipedum siku-siku ( balok ) diletakkan di atas bidang datar, maka ia dalam keadaan ini seimbang stabil, gaya berat  $G$  dan gaya tekanan  $N$  yang masing-masing bertitik tangkap di  $Z$  ( titik berat balok ) dan di  $A$  terletak pada satu garis lurus. Kalau balok tersebut diputar naik sedikit dengan rusuk  $B$  sebagai sumbu perputarannya, maka gaya tekanan  $N$  akan pindah ke  $B$ , dan dalam keadaan ini akan pindah ke  $B$ , dan dalam keadaan ini akan timbul suatu koppel dengan gaya-gaya  $G$  dan

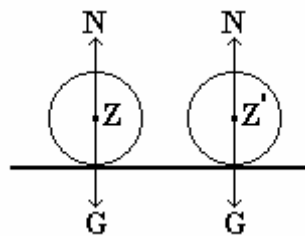
N yang berputar ke kanan (  $G = N$  ) sehingga balok tersebut kembali keseimbangannya semula yaitu seimbang stabil.

Keseimbangan labil : Sebuah paralel epipedum miring ( balok miring ) yang bidang diagonalnya AB tegak lurus pada bidang alasnya diletakkan diatas bidang datar, maka ia dalam keadaan ini setimbang labil, gaya berat  $G$  dan gaya tekanan  $N$  yang masing-masing melalui rusuk B dari balok tersebut terletak pada satu garis lurus.



Titik tangkap gaya tekanan  $N$  ada pada rusuk N. Kalau balok tersebut diputar naik sedikit dengan rusuk B sebagai sumbu putarnya, maka gaya tekanan  $N$  yang berputar kekiri (  $G = N$  ), sehingga balok tersebut akan turun kebawah dan tidak kembali lagi kekeseimbangannya semula.

Keseimbangan indiferen : Sebuah bola diletakkan diatas bidang datar ia dalam keadaan ini seimbang indiferen.



Kalau bola dipindah / diputar, maka gaya berat  $G$  dan gaya tekanan  $N$  akan tetap pada satu garis lurus seperti semula ( tidak terjadi koppel ), sehingga bola berpindah / berputar bagaimanapun juga ia akan tetap seimbang pada kedudukan yang baru.

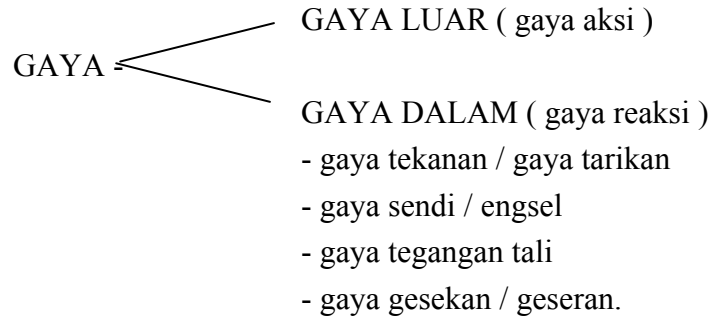
### Kesimpulan.

Dari contoh-contoh di atas dapat disimpulkan :

- Kalau sebuah benda yang dalam keadaan seimbang stabil diadakan perubahan kecil, maka titik berat benda tersebut akan naik. ( sehingga timbul koppel )
- Kalau pada sebuah benda yang dalam keadaan seimbang labil diadakan perubahan kecil, maka titik berat benda tersebut akan turun. ( sehingga timbul koppel )

- c. Kalau pada sebuah benda yang dalam keadaan setimbang indifferen diadakan perubahan kecil, maka titik berat benda tersebut akan tetap sama tingginya seperti semula. (sehingga tidak timbul koppel).

**Jenis gaya-gaya yang menyebabkan sebuah benda/benda seimbang.**

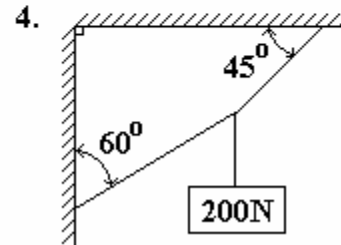
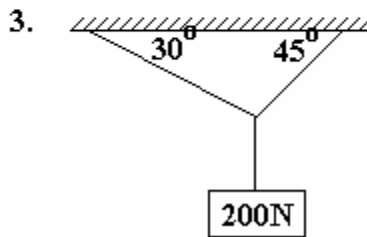
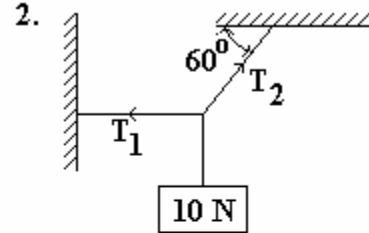
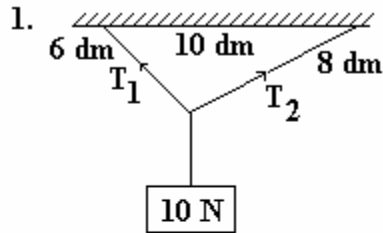


Gaya- gaya tersebut akan di bahas masing-masing dalam contoh-contoh latihan soal.

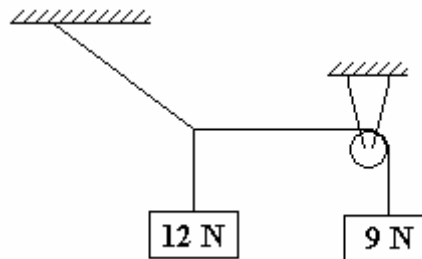


**LATIHAN SOAL**

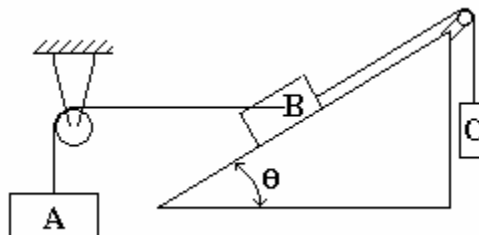
Hitunglah  $T_1$  dan  $T_2$  dari susunan kesetimbangan di bawah ini.



5. Hitunglah Gaya  $T$  pada susunan kesetimbangan ini.



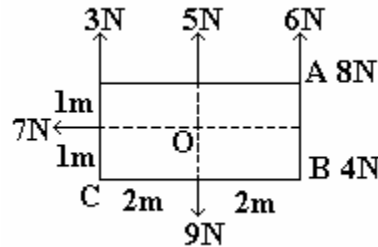
6. Seandainya benda-benda yang massanya  $m_A = 20$  kg dan  $m_B = 50$  kg disusun sedemikian hingga terjadi kesetimbangan, dengan  $\tan \theta = 3/4$ . Hitunglah  $m_C$  jika lantai pada bidang miring licin sempurna. Hitunglah 2 kemungkinan jawab untuk  $m_C$  jika bidang miring kasar dengan koefisien gesekan statis 0,3



7. Gaya 8 N, 6 N, 5 N, 3 N, 7 N, 9 N dan 4 N bekerja terhadap persegi panjang yang sisi-sisinya berukuran : 4 m x 2 m seperti terlihat pada gambar.

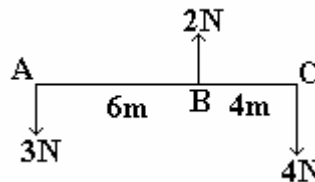
Tentukan jumlah aljabar momen gaya dengan pusat :

- a. Titik A                      b. Titik B                      c. Titik C                      d. Titik O



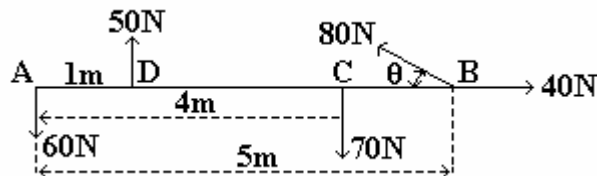
8. Pada sebuah batang horisontal AC yang panjangnya 10 m bekerja tiga buah gaya 3 N, 2 N dan 4 N seperti terlihat pada gambar ! Tentukan :

- a. Resultan dari gaya-gaya tersebut.  
b. Momen gaya yang bekerja pada sumbu-sumbu yang melalui A, B dan C  
c. Letak titik tangkap gaya Resultannya.

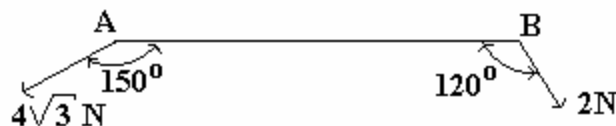


9. Batang AB yang panjangnya 5 meter dan beratnya boleh diabaikan, padanya bekerja 5 buah gaya seperti tampak pada gambar di bawah ini. Jika  $\tan \theta = 3/4$ .

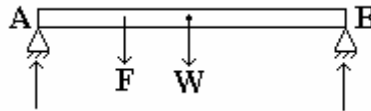
Tentukan besar dan letak dari gaya resultannya.



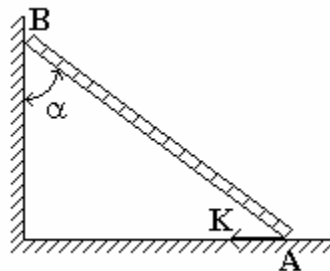
10. Batang AB yang mempunyai panjang 6 m mendapat gaya pada ujung-ujungnya seperti tampak pada gambar. Tentukan besar dan letak gaya resultannya.



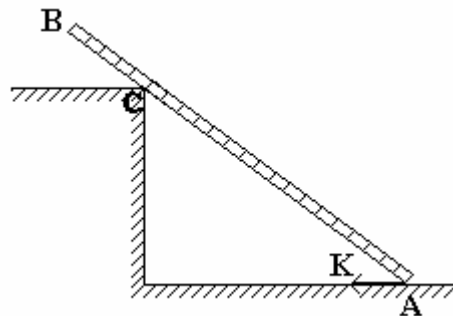
11. Sebuah batang homogen AB panjangnya 6m dan massanya 40 kg ditahan pada kedua ujungnya. Dimana kita harus menempatkan beban 2000 N pada batang itu agar tekanan-tekanan di A dan B berbanding sebagai 2 : 1 . Berat batang dianggap bertitik tangkap di tengah-tengah batang.



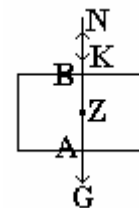
12. Suatu batang AB yang homogen, massanya 30 kg, panjangnya 5 meter, menumpu pada lantai di A dan pada tembok vertikal di B. Jarak dari B ke lantai 3 meter; batang AB menyilang tegak lurus garis potong antara lantai dan tembok vertikal. Berapa besarnya gaya K mendatar yang harus di berikan pada batang di A supaya batang tetap seimbang ? dan Hitung juga tekanan pada A dan B.



13. Suatu batang AB yang homogen, massanya 30 kg, panjangnya 6 meter, bersandar di atas tembok yang tingginya 3 meter ujung A dari batang menumpu pada lantai dan berjarak 4 meter dari tembok. Berapa besarnya gaya K mendatar yang harus diberikan pada batang di A supaya batang tetap seimbang ? dan Hitung juga gaya-gaya tekanan pada A dan C.



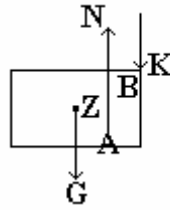
Gambar no. 13



Gambar no. 14

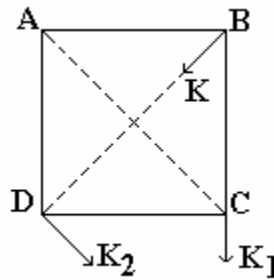
14. Pada sebuah balok kayu yang massanya 10 kg dikerjakan gaya  $K = 50$  N yang mengarah kebawah dan garis kerjanya berimpit dengan garis kerja gaya berat balok itu. Tentukan letak dan besar gaya tekanan N ( gaya reaksi ) yang dilakukan bidang terhadap balok itu.

15. Pada sebuah balok kayu, massanya 20 kg, panjangnya 30 cm dikerjakan gaya  $K = 100 \text{ N}$  ( lihat gambar ). Tentukan letak dan besar gaya tekanan  $N$  ( gaya reaksi ) yang dilakukan bidang terhadap balok itu.

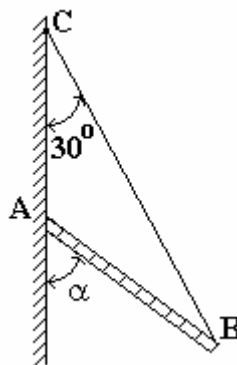


16. Sebuah papan berbentuk empat persegi panjang ABCD ( beratnya diabaikan ) dapat berputar pada bidangnya disekeliling titik A sebagai sendi,  $AB = 4 \text{ meter}$  ;  $AD = 3 \text{ meter}$ . Persegi panjang itu setimbang karena gaya-gaya yang bekerja pada bidang persegi panjang itu ialah :  $K_1 = 30 \text{ N}$  pada titik C dengan arah BC;  $K_2 = 150 \text{ N}$  pada titik D dengan arah sejajar AC ;  $K$  pada titik B dengan arah BD.

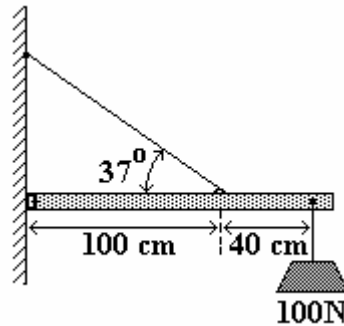
Hitunglah : a. Besar gaya  $K$  itu                      b. Besar dan arah gaya sendi.



17. Sebuah batang AB massanya 10 kg, panjangnya 6 meter. Ujung B diikat dengan tali dan ujung tali yang lain diikat di C pada sebuah tembok vertikal. Ujung A dari batang bertumpu pada tembok itu juga. Dalam sikap seimbang ini tali membuat sudut  $30^\circ$  dengan tembok. Tentukan : a. Gaya tegangan tali.  
b. Tekanan tembok di A  
c. Sudut yang dibuat batang dengan tembok.



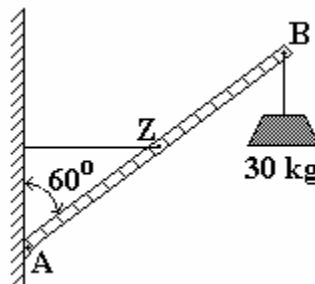
18. Sebuah batang dengan berat 50 N seperti tampak pada gambar di bawah ini. Berapa besar tegangan dalam kabel pendukungnya dan berapa komponen dari gaya yang dikerjakan oleh engsel pada batang.



19. Sebuah batang lurus homogen AB ( massanya 10 kg ) di A dihubungkan pada tembok vertikal oleh sebuah sendi, sehingga batang AB dapat berputar pada bidang yang tegak lurus pada tembok. Tengah-tengah batang AB dihubungkan dengan tali pada tembok sedemikian sehingga tali tersebut tegak lurus pada tembok dan kencang. Batang tersebut membentuk sudut  $60^\circ$  dengan tembok ke atas. Pada ujung B dari batang digantungkan benda massanya 30 kg.

Tentukan :

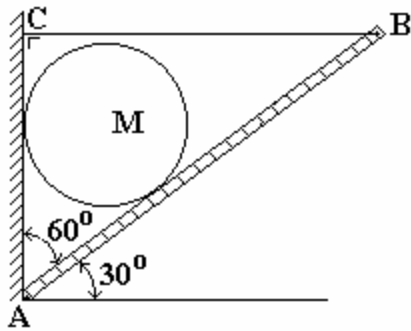
- Diagram gaya-gaya
- Gaya tegangan dalam tali
- Besar dan arah gaya sendi.



20. Sebuah bidang miring AB ( panjangnya 40 meter ) bersendi pada kakinya yaitu titik A. Puncak B bidang condong dihubungkan oleh tali BC dengan tembok vertikal yang melalui A. Bidang miring ini bersudut  $30^\circ$  dengan horisontal dan tali BC arahnya mendatar. Pada bidang miring dan tembok vertikal bersandar sebuah bola jari-jarinya 5 meter dan massanya 10 kg. berat bidang miring diabaikan.

Tentukanlah :

- Gaya-gaya tekanan oleh bidang miring dan tembok pada bola
- Gaya tegangan dalam tali
- Gaya sendi.



-----o0o-----