

## SOLUSI UTS FISIKA DASAR 1A (FI 1101)

Sabtu, 15 Oktober 2022

Pukul 09.00 – 11.00 WIB

1. Satu benda titik bergerak dari ketinggian tertentu menuju permukaan tanah dengan persamaan vektor posisi sebagai berikut:

$$\mathbf{r}(t) = 3,0 t \mathbf{i} + (21 - 5,0 t^2) \mathbf{j} \text{ meter.}$$

- Buatlah sketsa (kualitatif) lintasan benda dalam bidang x-y.
- Berapakah besar kecepatan benda pada saat  $t = 1,0$  detik.
- Hitunglah vektor kecepatan benda pada saat mencapai ketinggian 1,0 meter dari tanah.

Jawab

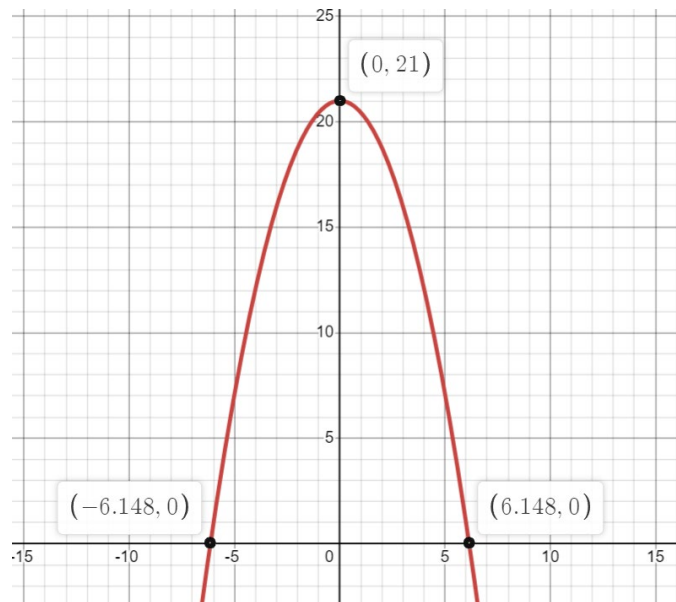
1a) Cari fungsi  $r$  dalam diagram x dan y

$$x = 3t, \text{ maka } t = \frac{x}{3}$$

$$y = 21 - 5t^2$$

$$y = 21 - \frac{5}{9}x^2$$

Sketsa grafik dari  $y = f(x)$ , sehingga menjadi seperti berikut



1b) Cari fungsi kecepatan dalam vektor pada  $t$  tertentu

$$x(t) = 3t \rightarrow v_x(t) = \frac{dx}{dt} = 3 \text{ m/s}$$

$$y(t) = 21 - 5t^2 \rightarrow v_y(t) = \frac{dy}{dt} = -10t \text{ m/s}$$

Vektor kecepatan terhadap waktu :

$$v(t) = 3\hat{i} + (-10t)\hat{j} \text{ m/s}$$

Nilai kecepatan saat  $t = 1$  detik :

$$v(1) = 3\hat{i} + (-10)\hat{j} \text{ m/s}$$

Besar (harga/magnitude) kecepatan saat  $t = 1$  detik :

$$|v| = \sqrt{3^2 + 10^2} = \sqrt{109} \text{ m/s}$$

1c) Cari waktu untuk mencapai ketinggian 1 meter terlebih dahulu

$$y(t) = 21 - 5t^2 \rightarrow 1 = 21 - 5t^2$$

$$t^2 = 4 \rightarrow t = 2 \text{ s}$$

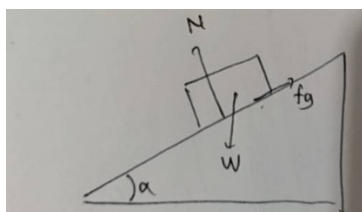
Vektor kecepatan saat  $t = 2 \text{ s}$  :

$$v(2) = 3\hat{i} + (-20)\hat{j} \text{ m/s}$$

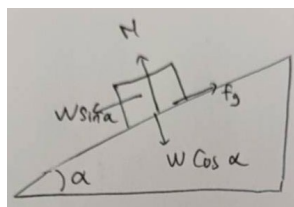
2. Sebuah balok dengan berat 100 N berada pada permukaan bidang miring kasar yang sudut kemiringannya  $\alpha$  relatif terhadap horizontal dengan  $\tan \alpha = 3/4$ . Diketahui koefisien gesekan statik dan koefisien gesekan kinetik antara permukaan bawah balok dan bidang miring masing-masing adalah 0,8 dan 0,5. Tentukan:
- diagram gaya dari balok tersebut,
  - percepatan gerak balok,
  - besar gaya dorong sejajar permukaan bidang miring agar balok tepat akan bergerak naik.

Jawab :

2a) Berikut adalah diagram gayanya



Sebelum diarahkan



Setelah diarahkan

2b) bandingkan terlebih dahulu nilai gaya pada arah tertentu saat kondisinya diam (masih dlm kondisi statik).

$$\tan \alpha = \frac{3}{4} \rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5} \rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{5}$$

### TINJAU KONDISI STATIK (DIAM)

Ingat pada kondisi ini, gaya gesek yang bekerja adalah gaya gesek statis

Nilai percepatannya adalah 0

i) Tinjau gaya arah vertikal thd bidang miring

$$\Sigma F_y = 0$$

$$N - W \cos \alpha = 0 \rightarrow N = W \cos \alpha$$

$$N = 100 \cdot \frac{4}{5} = 80 \text{ Newton}$$

ii) Tinjau gaya arah horizontal thd bidang miring

$$\Sigma F_x = 0$$

$$W \sin \alpha - f_{gs} = 0$$

$$f_{gs} = W \sin \alpha$$

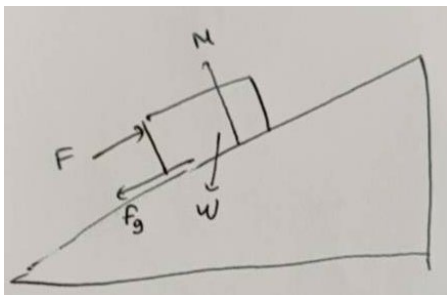
$$f_{gs} = 100 \cdot \frac{3}{5} = 60 \text{ Newton}$$

Disini kita bandingkan dengan  $\mu_s \cdot N$

$$\mu_s N = 0,8 \cdot 80 = 64 \text{ Newton}$$

Dari nilai di atas, kita bisa melihat bahwa  $f_{gs} \leq \mu_s N$ , sehingga dalam kondisi ini gaya gesek akibat kontribusi koefisien gesek lebih besar daripada kontribusi gaya dari berat. dengan syarat ini, dapat disimpulkan bahwa benda belum bergerak, yang artinya  $a = 0 \text{ m/s}^2$

2c) berikut arah diagram gaya include dengan gaya tambahannya



Saat tepat akan bergerak ke kanan atas, maka akan ada arah gaya gesek ke kiri bawah yang searah dengan gaya  $W \sin \alpha$ , dan dlm kondisi ini benda belum bergerak, yg artinya  $a = 0$

Tinjau gaya arah vertikal thd bidang miring

$$\Sigma F_y = 0$$

$$N - W \cos \alpha = 0 \rightarrow N = W \cos \alpha$$

$$N = 100 \cdot \frac{4}{5} = 80 \text{ Newton}$$

Tinjau gaya arah horizontal thd bidang miring

Saat benda tepat akan bergerak, maka nilai  $f_{gs} = \mu_s N$ , dan bukan lagi  $f_{gs} \leq \mu_s N$

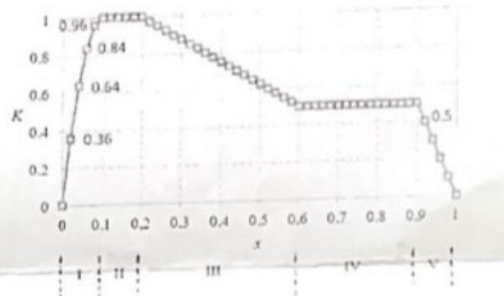
$$\Sigma F_x = 0$$

$$F - W \sin \alpha - f_{gs} = 0$$

$$F - 100 \cdot \frac{3}{5} - 0,8 \cdot 80 = 0$$

$$F = 60 + 64 = 124 \text{ Newton}$$

3. Sebuah benda titik 0,5 kg bergerak dengan melewati lingkungan berupa lantai mendatar licin (LL), lantai mendatar kasar (LK), mendaki (DM) atau menuruni bidang miring (TM), dan terlepas (LP) dari atau menekan pegas (TP) dengan energi kinetiknya  $K$  sebagai fungsi posisi horizontal  $x$  seperti diperlihatkan pada gambar di samping. Konstanta pegas yang digunakan adalah 200 N/m, koefisien gesek kinetis bidang 0,25, dan sudut kemiringan bidang adalah  $\theta$  dengan  $\tan \theta = 1$ . Posisi vertikal benda di titik  $y = 0$  untuk daerah I – IV dan  $y = x - 0,9$  untuk daerah V.

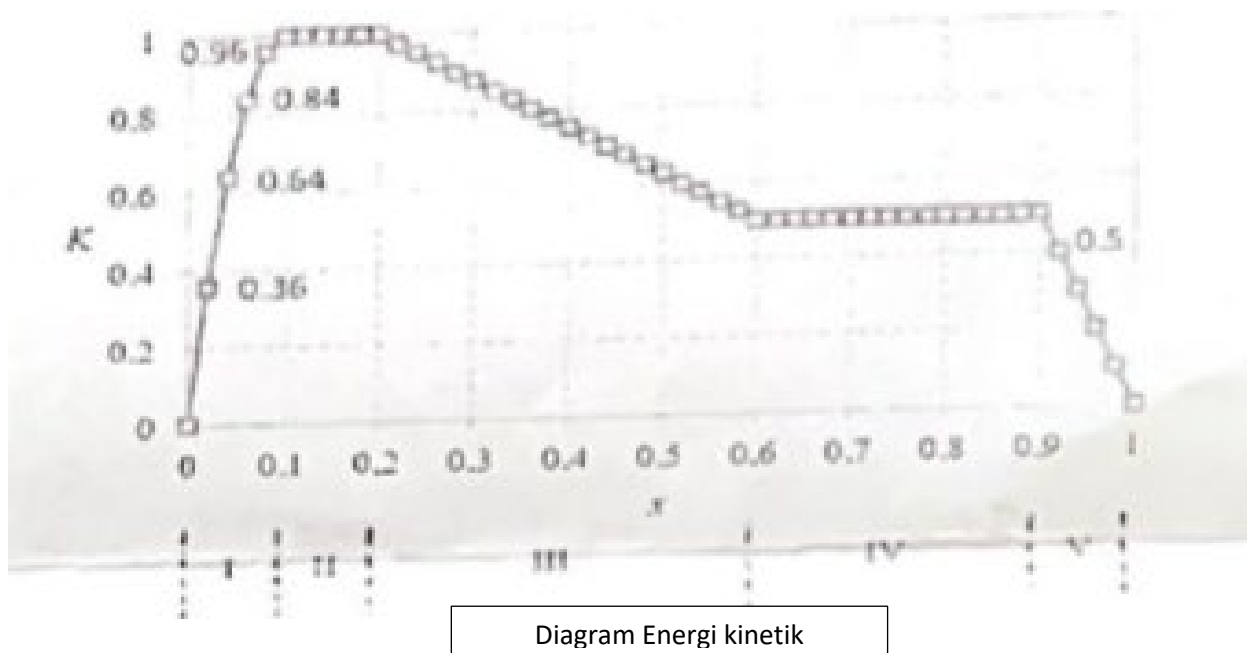
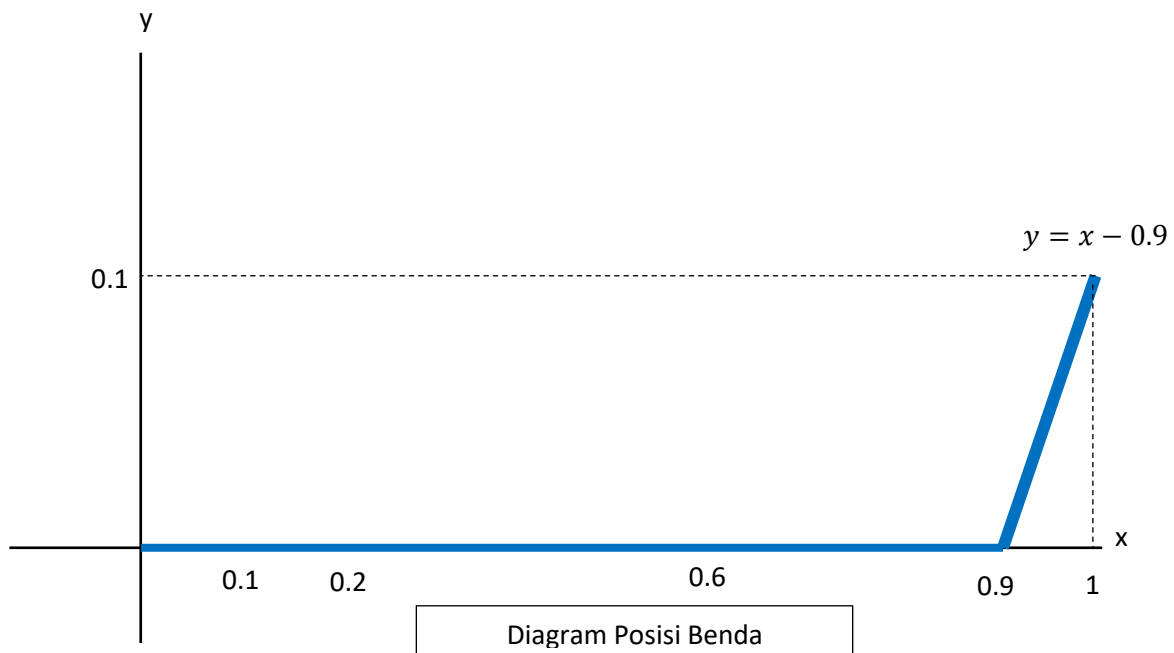


- a) Urutkan jenis lingkungan yang dilalui oleh benda dengan menggunakan istilah yang diberikan pada soal (LL, LK, DM, TM, LP, TP) sehingga energi kinetiknya seperti tampak pada gambar di samping atas.
- b) Hitunglah energi potensial  $U$  dan mekanik sistem  $E_M$  sebagai fungsi dari  $x$ , untuk setiap daerah I – V.
- c) Pada setiap daerah, jelaskan keberlakuan hukum kekekalan energi mekanik dan hukum kekekalan energi dalam kaitannya dengan ada tidaknya gaya non-konservatif. Lengkapi tabel di samping dengan berlaku/tidak berlaku (\*) dan ada/tidak ada (\*\*).

Daerah	Hukum kekekalan energi mekanik *	Hukum kekekalan energi **	Gaya non-konservatif **
I			
II			
III			
IV			
V			

JAWAB

3a) berikut adalah diagram perkiraan penampakan ketinggian yang dilewati benda pada daerah 1 hingga 4



### Daerah I : LP

Pada daerah ini , benda bergerak dari diamnya, dengan posisi ketinggian konstan. Yang artinya, disini ada energi potensial pegas yang berubah menjadi energi kinetik

Bukti :

$$K = \frac{1}{2} kx^2 = 0,5 \cdot 200 \cdot 0,1^2 = 1 \text{ J}$$

Nilai energi kinetik  $K = 1$  ketika panjangnya berada di  $x = 0.1$ , dan ini sesuai dengan grafik

#### **Daerah II : LL**

Pada daerah ini, kelajuan konstan pada posisi ketinggian yang konstan. Yang artinya tidak ada energi kinetik yang hilang ( $E_k$  nilainya konstan). Kondisi ini hanya terpenuhi apabila lantai licin pada bidang datar, dan tidak ada usaha luar yang terlibat

#### **Daerah III : LK**

Pada daerah ini, kecepatan benda berkurang namun tidak sampai berhenti, dan ketinggiannya juga konstan. Yang artinya, ada usaha luar yang terlibat dalam mekanisme ini. Usaha luar tersebut adalah dari gaya gesek, sehingga kondisi yang memenuhi kasus ini adalah keadaan lantai kasar

Bukti :

$$W = Ek_f - Ek_i$$

$$Ek_f = W + Ek_i = -f_g x + Ek_i = -\mu_k mg \Delta x + Ek_i$$

$$Ek_f = -0,25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot (0,6 - 0,2) + 1 = 0,5 \text{ J}$$

Nilai  $E_k = 0.5$  saat  $x = 0.6$ , dan ini sesuai dengan grafik

#### **Daerah IV : LL**

Pada daerah ini, kelajuan konstan pada posisi ketinggian yang konstan. Yang artinya tidak ada energi kinetik yang hilang ( $E_k$  nilainya konstan). Kondisi ini hanya terpenuhi apabila lantai licin pada bidang datar, dan tidak ada usaha luar yang terlibat

#### **Daerah V : DM**

Pada daerah ini, ketinggiannya naik menjadi  $y = 1 - 0.9 = 0.1$ , yang diiringi oleh penurunan energi kinetik (dalam hal ini kecepatan juga berkurang hingga bernilai 0). Sehingga kondisi yang memungkinkan disini adalah lintasan berupa bidang miring licin

Bukti :

$$Em_i = Em_f \rightarrow Ek_i = mgh + Ek_f$$

$$0,5 = 0,5 \cdot 10 \cdot 0,1 + Ek_f$$

$$Ek_f = 0 \text{ J}$$

Nilai  $E_k = 0$  saat ketinggian  $h = y = 0.1$ , dan ini sesuai dengan grafik

3b) Hasil energi potensial dan energi mekanik dpt dilihat pada tabel di bawah :

Daerah	U	Em	Keterangan
I	$U = \frac{1}{2}k\Delta x^2$ $U = 100(x - 0.1)^2$	1	Energi mekanik kekal pada kondisi ini, jadi nilai Em cukup dilihat saat energi potensial pegasnya telah hilang sempurna menjadi energi kinetik
II	0	1	Tidak ada perubahan energi pada kondisi ini
III	0	$W = Em_f - Em_i$ $-f_g \cdot \Delta x = Em_f - Em_i$ $-0,25 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot (x - 0,2)$ $= Em_f - 1$ $Em_f = 1 - 1,25(x - 0,2)$	Dalam daerah ini, energi mekaniknya tidak kekal akibat usaha luar dari gaya gesek
IV	0	0.5	Tidak ada perubahan energi mekanik pada kondisi in. Nilainya menjadi 0.5 karena akibat gaya gesek sebelumnya
V	$U = mgh$ $U = 5(x - 0.9)$	0.5	Energi mekanik kekal pada kondisi ini, sehingga energi mekanik cukup dilihat dari kondisi awal sebelum hilang total menjadi energi potensial

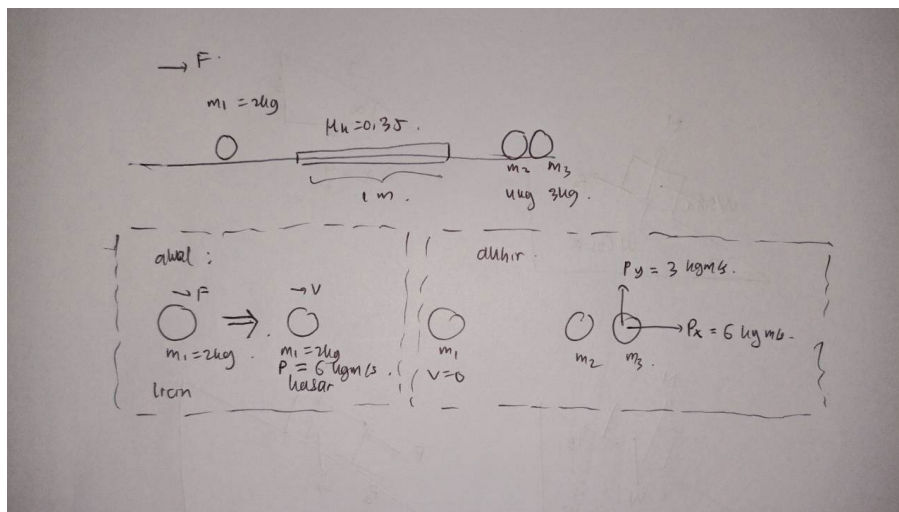
3c)

Daerah	Hukum kekekalan energi mekanik	Hukum kekekalan energi	Gaya Non konservatif
I	Berlaku	Berlaku	Tidak ada
II	Berlaku	Berlaku	Tidak ada
III	Tidak berlaku	Berlaku (karena energi totalnya konstan, hanya saja energinya berubah menjadi bentuk lain akibat gaya gesek)	Ada (yaitu gaya gesek)
IV	Berlaku	Berlaku	Tidak ada
V	Berlaku	Berlaku	Tidak ada

4. Benda 1 bermassa  $m_1 = 2 \text{ kg}$  diam di titik A kemudian dipukul dengan gaya  $F$  selama  $0,04$  detik sehingga bergerak sepanjang sumbu  $x$  pada bidang datar kasar dengan koefisien gesekan kinetik sebesar  $0,35$ . Setelah bergerak di bidang kasar sejauh  $1 \text{ m}$ , benda  $m_1$  kemudian melewati bidang datar licin dan menumbuk dua benda sekaligus, yakni  $m_2$  (yang bermassa  $4 \text{ kg}$ ) dan  $m_3$  ( $3 \text{ kg}$ ), yang keduanya sedang dalam keadaan diam. Setelah tumbukan, benda  $m_1$  diam dan benda  $m_3$  bergerak pada bidang  $xy$  dengan momentum arah  $x$  sama dengan momentum benda  $m_1$  sebelum tumbukan yaitu  $6 \text{ kg.m/s}$  sedangkan momentum  $m_3$  pada arah  $y$  adalah  $3 \text{ kg.m/s}$ . Tentukanlah:
- arah gerak benda bermassa  $m_2$ ,
  - kecepatan pusat massa sistem tiga benda ( $m_1, m_2, m_3$ ) setelah tumbukan,
  - gaya pemukul  $F$ .

Jawab :

4a) Kira – kira diagram pergerakan benda dapat dibuat sebagai berikut



Tinjau kondisi  $m_1$  saat dipukul hingga melintasi bidang kasar :

$$I = \Delta p$$

$$F \cdot t = m_1(v_f - v_i)$$

$$F \cdot 0,04 = 2(v_f - 0) \quad (1)$$

Persamaan ini adalah persamaan sementara untuk menentukan kelajuan awal dan gaya impuls sebelum melewati bidang kasar

Menentukan arah dan kecepatan benda  $m_2$  :

Tinjau dengan menggunakan hukum kekekalan momentum pada

**Tinjau momentum arah  $x$  :**

$$\Sigma p_{xi} = \Sigma p_{xf}$$

$$m_1 v_1 = m_2 v'_{2x} + m_3 v'_{3x}$$



$$6 = 4v'_{2x} + 6$$

$$v'_{2x} = 0 \text{ m/s}$$

**Tinjau momentum arah y :**

$$\Sigma p_{yi} = \Sigma p_{yf}$$

$$0 = m_2 v'_{2y} + m_3 v'_{3y}$$

$$0 = 4v'_{2y} + 3$$

$$v'_{2y} = -0,75 \text{ m/s}$$

Massa m2 akan bergerak dengan nilai kecepatan :

$$v'_2 = -0,75 \hat{j} \text{ m/s}$$

Arah gerakannya menuju ke bawah

4b) Kecepatan pusat massa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$v_{pm\ x} = \frac{m_1 v'_{1x} + m_2 v'_{2x} + m_3 v'_{3x}}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$v_{pm\ y} = \frac{m_1 v'_{1y} + m_2 v'_{2y} + m_3 v'_{3y}}{m_1 + m_2 + m_3}$$

Sehingga :

$$v_{pm\ x} = \frac{0 + 0 + 6}{2 + 4 + 3} = \frac{2}{3} \text{ m/s}$$

$$v_{pm\ y} = \frac{0 - 0,75 \cdot 4 + 3}{2 + 4 + 3} = 0 \text{ m/s}$$

Kecepatan pusat masa totalnya adalah :

$$v_{pm} = \sqrt{v_{pm\ x}^2 + v_{pm\ y}^2} = \frac{2}{3} \text{ m/s}$$

4c) menghitung gaya pemukul F, bisa mencari nilai kecepatan sebelum melintasi bidang kasar terlebih dahulu. Ini dapat dihitung menggunakan hukum kekekalan energi mekanik

$$v_{1f} = \frac{p}{m_1} = \frac{6}{2} = 3 \text{ m/s}$$

V1f adalah kecepatan benda m1 setelah melewati bidang kasar

$$W = \Delta Ek = Ek_f - Ek_i$$

$$-\mu_k m_1 g s = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 - \frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2$$

$$-0,35 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 1 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot v_{1i}^2$$

$$v_{1i}^2 = 16 \rightarrow v_{1i} = 4 \text{ m/s}$$

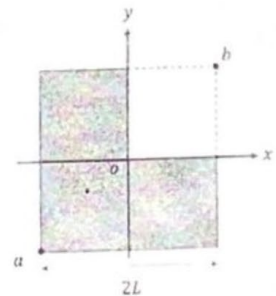
Kecepatan ini berperan sebagai kecepatan akhir setelah dipukul

$$F \cdot 0,04 = 2(4 - 0)$$

$$F = 200 \text{ Newton}$$

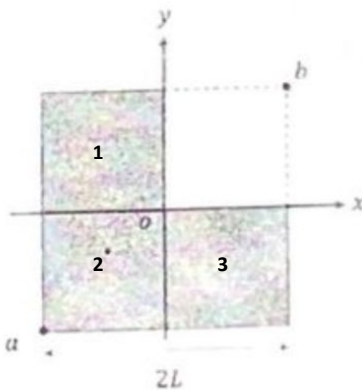
- b) kecepatan pusat massa sistem tiga benda yang sama  
c) gaya pemukul  $F$ .

5. Pada gambar disamping terlihat pelat logam dengan rapat massa seragam berbentuk persegi/bujursangkar dengan sisi  $L$  yang seperempat bagiannya dibuang. Massa total pelat tersebut adalah  $M$ .
- Tentukan posisi pusat massa dari pelat logam.
  - Jika momen inersia pada pusat massa adalah  $I_{pm}$ , tentukan nilai momen inersia terhadap sumbu yang tegak lurus pelat dan melewati masing-masing titik  $a$ , titik  $O$ , dan titik  $b$ . Nyatakan momen inersia tersebut dalam  $I_{pm}$ ,  $M$  dan  $L$ .



JAWAB :

5a)



Koordinat pusat massa pelat 1 :

$$x = -0,5L ; y = 0,5L$$

Koordinat pusat massa pelat 2 :

$$x = -0,5L ; y = -0,5L$$

Koordinat pusat massa pelat 3 :

$$x = 0,5L ; y = -0,5L$$

$$x_{pm} = \frac{-\frac{0,5 ML}{3} - \frac{0,5 ML}{3} + \frac{0,5 ML}{3}}{M} = -\frac{1}{6}L$$

$$y_{pm} = \frac{\frac{0,5 ML}{3} - \frac{0,5 ML}{3} - \frac{0,5 ML}{3}}{M} = -\frac{1}{6}L$$

Oleh karena itu, posisi pusat massanya ada di :

$$\left(-\frac{1}{6}L, -\frac{1}{6}L\right)$$

5b)

**Untuk sumbu rotasi tegak lurus pelat (sumbu z) di titik O :**

Menggunakan teorema sumbu sejajar

$$I = I_{pm} + md^2$$

$$d^2 = \left(-\frac{1}{6}L\right)^2 + \left(-\frac{1}{6}L\right)^2 = \frac{1}{18}L^2$$

Sehingga :

$$I = I_{pm} + \frac{1}{18}ML^2$$

**Untuk sumbu rotasi tegak lurus pelat (sumbu z) di titik a :**

Menggunakan teorema sumbu sejajar

$$I = I_{pm} + md^2$$

$$d^2 = \left(L - \frac{1}{6}L\right)^2 + \left(L - \frac{1}{6}L\right)^2 = \frac{25}{18}L^2$$

$$I = I_{pm} + \frac{25}{18}ML^2$$

**Untuk sumbu rotasi tegak lurus pelat (sumbu z) di titik b :**

Menggunakan teorema sumbu sejajar

$$I = I_{pm} + md^2$$

$$d^2 = \left(L + \frac{1}{6}L\right)^2 + \left(L + \frac{1}{6}L\right)^2 = \frac{49}{18}L^2$$

$$I = I_{pm} + \frac{49}{18}ML^2$$