



**SOLUSI LEMBAR TUGAS MAHASISWA FISIKA DASAR IA (FI-1101) KE - 2**  
**Semester 1 Tahun 2023-2024**  
**TOPIK: USAHA-ENERGI – MOMENTUM LINIER**

Untuk seluruh soal di bawah ini hambatan udara dapat diabaikan; gunakan  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

- Misalkan Anda mengangkat buku seberat 4 kg dari lantai ke rak setinggi 2 m. (a) Tentukan gaya yang harus Anda terapkan untuk memindahkan buku dengan kecepatan konstan? (b) Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut? (c) Tentukanlag gaya yang harus Anda terapkan pada buku untuk membawanya perlahan-lahan dengan kecepatan konstan dari satu rak ke rak yang berdampingan sejauh 3 m tetapi pada tingkat yang sama? (dengan asumsi tidak ada gesekan antara buku dan rak) (d) Berapakah usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut?

**SOLUSI**

- (a) Constant velocity:  $\Sigma \vec{F} = 0 \rightarrow \vec{F} + (-mg\hat{j}) = 0 \rightarrow \vec{F} = +mg\hat{j} = (4 \text{ kg})(9.8 \text{ ms}^{-2})\hat{j} = 39,2\hat{j} \text{ N}$   
 (a)  $W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = (39,2\hat{j} \text{ N}) \cdot (2\hat{j} \text{ m}) = 78,4 \text{ J}$ .  
 (b) Constant velocity:  $\Sigma \vec{F} = 0 \rightarrow \vec{F} = 0 \text{ N}$   
 (c)  $W = 0 \text{ J}$

- Kereta luncur 16 kg ditarik dengan tali pada permukaan horizontal bersalju basah sejauh 3,2 m. Tegangan pada tali tetap sebesar 5,8 N dan tali berada pada  $37^\circ$  terhadap horizontal. Misalkan kereta luncur bergerak dengan kecepatan konstan, tentukanlah (a) usaha yang dilakukan tali pada kereta luncur, (b) usaha yang dilakukan gaya gesekan pada kereta luncur, dan (c) koefisien gesekan kinetik pada antarmuka kereta-salju.

**SOLUSI**

- (a)  $W_r = (5.8 \text{ N})(3.2 \text{ m}) \cos 37^\circ = 14.9 \text{ J}$   
 (b) Constant velocity:  $\Sigma \vec{F} = 0 \rightarrow f = -(5.8 \text{ N}) \cos 37^\circ = -4.64 \text{ N}$   
 $\rightarrow W_f = -(5.8 \text{ N})(3.2 \text{ m}) \cos 37^\circ = -14.9 \text{ J}$   
 (c)  $F_N = mg - F_r \sin 37^\circ = (16 \text{ kg})(9.8 \text{ ms}^{-2}) - (5.8 \text{ N})(0.6) = 153.32 \text{ N}$   
 $\mu_k = \left| \frac{f}{F_N} \right| = \frac{4.64}{153.31} = 0.03$

- Bola seberat 1,5 kg yang melekat pada tali ringan diputar dalam lintasan melingkar dengan radius 0,75 m. Jika lintasan berupa lingkaran horizontal, (a) berapa usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi bumi pada bola untuk perpindahan bola sejauh setengah lingkaran, dan (b) berapa usaha yang dilakukan oleh gaya tegangan tali?. Jika lintasan berupa lingkaran vertikal, (c) tentukanlah usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi bumi selama bola bergerak dari titik tertinggi ke titik terendah dalam lingkaran, dan (d) berapa usaha yang dilakukan oleh gaya tegangan tali?

**SOLUSI**

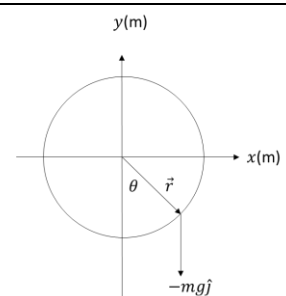
- (a) Arah gaya tegak lurus arah perpindahan  $\rightarrow W = 0 \text{ J}$   
 (b) Arah gaya tegangan tali tegak lurus arah perpindahan  $\rightarrow W = 0 \text{ J}$   
 (c)  $\vec{r} = R\hat{i} \sin \theta - R\hat{j} \cos \theta \rightarrow d\vec{r} = R\hat{i} \cos \theta d\theta + R\hat{j} \sin \theta d\theta$

$$W = \int_{\theta=\pi}^0 \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{\theta=\pi}^0 -mg\hat{j} \cdot (R\hat{i} \cos \theta d\theta + R\hat{j} \sin \theta d\theta)$$

$$= -mgR \int_{\theta=\pi}^0 \sin \theta d\theta = 2mgR = 2(1.5 \text{ kg})(9.8 \text{ ms}^{-2})(0.75 \text{ m}) = 22.05 \text{ J}$$

Cara lain: gaya gravitasi konservatif  $\rightarrow W = -\Delta U = -[mg(0) - mg(2R)] = 2mgR$

- (d) Arah gaya tegangan tali tegak lurus arah perpindahan  $\rightarrow W = 0 \text{ J}$



4. Salah satu ujung tali ringan diselipkan pada sebuah pasak pada meja horizontal, sementara ujung lainnya diikat ke keping 0,50 kg. Keping diberi kecepatan awal sebesar 3,4 m/s sehingga bergerak melingkar horizontal dengan radius 0,75 m. Keping berhenti setelah menyelesaikan 2,5 putaran. (a) Untuk seluruh gerakan, berapa usaha yang dilakukan oleh gaya gesekan? (b) Asumsikan bahwa besarnya gaya gesek konstan, tentukan koefisien gesekan kinetik pada antarmuka. (c) Tentukan tegangan tali pada saat keping menyelesaikan revolusi pertama. (d) Berapa usaha yang dilakukan oleh gaya tegangan tali?

SOLUSI

$$(a) W = \Delta K = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -\frac{1}{2}(0,50 \text{ kg}) \left(3,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = -2,89 \text{ J}$$

$$(b) W = fd = -\mu_k mgd = -\mu_k mg(2\pi R \times 2,5)$$

$$\rightarrow \mu_k = \frac{W}{5\pi Rmg} = \frac{(2,89 \text{ J})}{5\pi(0,75 \text{ m})(0,50 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2)} = 0,05$$

$$(c) \text{ Dalam satu putaran } W = \frac{-2,89 \text{ J}}{2,5} = -1,156 \text{ J};$$

$$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = 2,89 \text{ J} - 1,156 \text{ J} = 1,734 \text{ J} \rightarrow v = 2,63 \text{ m/s}$$

$$T = \frac{mv^2}{R} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{\frac{1}{2}R} = \frac{1,734 \text{ J}}{\frac{1}{2}(0,75 \text{ m})} = 4,624 \text{ N}$$

$$(d) \vec{T} \perp \Delta \vec{r} \rightarrow W_T = 0.$$

5. Asumsikan bahwa gaya hambat yang diberikan oleh air pada tongkang sebanding dengan kecepatan tongkang terhadap air. Sebuah kapal tunda menghasilkan daya 230 hp ke tongkang ketika mereka bergerak dengan kecepatan konstan 0,25 m/s. (a) Berapakah daya yang dibutuhkan untuk memindahkan tongkang pada 0,75 m/s? (b) Berapakah gaya yang diberikan kapal tunda pada tongkang pada kecepatan yang lebih rendah?, (c) pada kecepatan yang lebih tinggi?

SOLUSI

$$(a) F \sim v \rightarrow F = kv, P = Fv = kv^2 \rightarrow k = \frac{P_{0,25}}{v^2} = \frac{230 \text{ hp}}{(0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}$$

$$\rightarrow P_{0,75} = \frac{230 \text{ hp}}{(0,25 \text{ m/s})^2} (0,75 \text{ m/s})^2 = 2070 \text{ hp}$$

$$(b) F = kv = \frac{230 \text{ hp}}{(0,25 \text{ m/s})^2} 0,25 \text{ m/s} = 920 \text{ hp s/m} = 686.320 \text{ N}$$

$$(c) F = kv = \frac{230 \text{ hp}}{(0,25 \text{ m/s})^2} 0,75 \text{ m/s} = 2760 \text{ hp s/m} = 2.058.960 \text{ N}$$

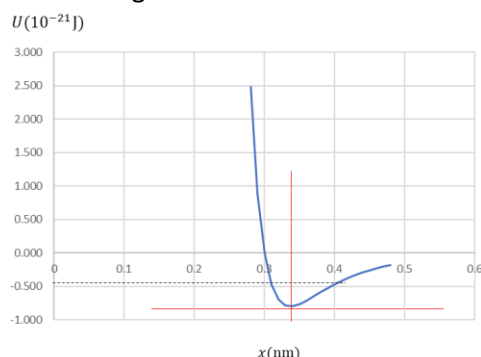
6. Energi potensial interaksi antar atom netral didekati oleh fungsi energi potensial "12-6"

$$U(x) = V_0 \left[ \left(\frac{a}{x}\right)^{12} - \left(\frac{a}{x}\right)^6 \right]$$

dengan  $x$  adalah jarak antar pusat atom sedangkan  $V_0$  dan  $a$  are tetapan. (a) Buatlah grafik fungsi tersebut untuk  $a = 0.3 \text{ nm}$ ,  $V_0 = 3.2 \times 10^{-21} \text{ J}$  dan  $0.28 \text{ nm} \leq x \leq 0.47 \text{ nm}$ . (b) Berdasarkan grafik tentukanlah jarak pisah setimbang, yaitu ketika  $F_x = 0$ . (c) Periksalah hasil di atas dengan menggunakan relasi  $F_x = -dU/dx$ . (d) Jika  $x = 0.40 \text{ nm}$  adalah salah satu titik balik, tentukanlah titik balik lainnya. (e) Tentukanlah energi mekanik untuk gerak di antara kedua titik balik tersebut.

SOLUSI

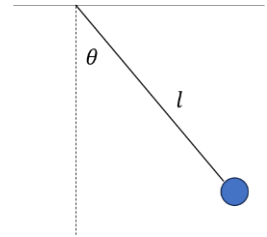
(a) Grafik: lihat grafik



x	U(x)	x	U(x)
0.28	2.482	0.38	-0.587
0.29	0.885	0.39	-0.526
0.3	0.000	0.4	-0.468
0.31	-0.469	0.41	-0.416
0.32	-0.698	0.42	-0.369
0.33	-0.787	0.43	-0.326
0.34	-0.797	0.44	-0.289
0.35	-0.766	0.45	-0.256
0.36	-0.713	0.46	-0.227
0.37	-0.651	0.47	-0.202

- (b) Pada kurva energi potensial,  $F_x = 0$  berkaitan dengan garis singgung kurva yang mendatar. Dari grafik garis singgung tersebut di sekitar jarak pisah  $x = 0,34$  nm
- (c)  $F_x = -\frac{dU}{dx} = -V_0 \left[ -12 \left(\frac{a}{x}\right)^{11} \frac{a}{x^2} + 6 \left(\frac{a}{x}\right)^5 \frac{a}{x^2} \right] = -V_0 \left[ -2 \left(\frac{a}{x}\right)^6 + 1 \right] 6 \left(\frac{a}{x}\right)^5 \frac{a}{x^2}$   
 $F_x = 0: -2 \left(\frac{a}{x}\right)^6 + 1 = 0 \rightarrow 2a^6 = x^6 \rightarrow x = a2^{\frac{1}{6}} = 0,337$  nm
- (d) Titik balik  $x = 0,40$  nm bersesuaian dengan energi potensial  $U \approx -0,47 \times 10^{-21}$  J. Titik balik yang lain sekitar  $x = 0,31$  nm.
- (e) Di titik balik, atom diam sesaat sehingga energi kinetiknya nol. Maka atom yang bergerak di antara kedua titik balik memiliki energi mekanik  $E = T + U = U \approx -0,47 \times 10^{-21}$  J.

7. Bandul sederhana dibentuk dengan mengikatkan 40 g bola pada salah satu ujung tali ringan; ujung lain dari tali tersebut diikatkan tetap di suatu titik, dan bola dapat berayun pada bidang vertikal. Jika bola dilepaskan dari keadaan diam seperti ditunjukkan gambar dengan  $l = 500$  mm dan  $\theta = 60,0^\circ$ . Tentukanlah (a) kelajuan bola dan (b) tegangan tali ketika bola melewati posisi terendah. (c) Gambarlah grafik energi kinetik bola sebagai fungsi dari  $\theta$ .

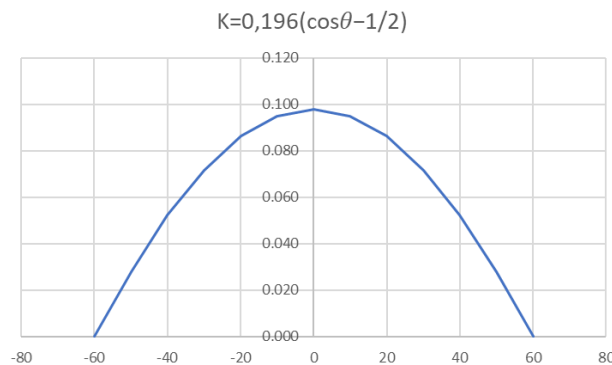


### SOLUSI

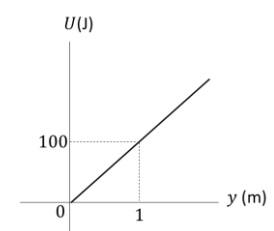
pilih  $y = 0$  and  $U = 0$  adalah ketinggian dan energi potensial bola pada posisi terendah.

- (a) Pada saat dilepaskan  $K = 0$ ,  $U = mgl(1 - \cos 60^\circ) \rightarrow E = mgl(1 - \cos 60^\circ)$ . Saat di titik terendah  
 $E = K + U = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow v = \sqrt{2gl(1 - \cos 60^\circ)} = \sqrt{(9.8 \text{ ms}^{-2})(0,5 \text{ m})} = 2,21 \text{ m/s}$
- (b)  $T = mg = (0,04 \text{ kg})(9.8 \text{ ms}^{-2}) = 0,392 \text{ N}$
- (c)  $K = E - U = mgl(1 - \cos 60^\circ) - mgl(1 - \cos \theta) = -\frac{1}{2}mgl + mgl \cos \theta = 0,196 \left( \cos \theta - \frac{1}{2} \right)$

$\theta$	$K$
-60	0.000
-50	0.028
-40	0.052
-30	0.072
-20	0.086
-10	0.095
0	0.098
10	0.095
20	0.086
30	0.072
40	0.052
50	0.028
60	0.000



8. Grafik fungsi energi potensial gravitasi  $U(y)$  dari sebuah benda bermassa 10,2 kg yang berada dekat dengan permukaan bumi ditunjukkan gambar.  $y = 0$  menyatakan ketinggian permukaan bumi. Diketahui energi mekanik sistem adalah 0,20 kJ. Berdasarkan grafik tentukanlah (a) tinggi maksimum benda, (b) energi kinetik maksimum benda dan posisi ketika benda memiliki energi kinetik maksimum, (c) posisi ketika benda memiliki energi kinetik dan energi potensial yang sama, (d) gaya yang bekerja pada benda pada posisi itu.



### SOLUSI

- (a)  $E = K + U \rightarrow (200 \text{ J}) = K + mgy \rightarrow y_{maks} = \frac{200 \text{ J}}{(10.2 \text{ kg})(9.8 \text{ ms}^{-2})} = 2,0 \text{ m}$
- (b)  $E = K + U = 200 \text{ J} \rightarrow K_{maks} = 200 \text{ J}, y = 0$
- (c)  $E = K + mgy = 2mgy = 200 \text{ J} \rightarrow y = \frac{200 \text{ J}}{2(10.2 \text{ kg})(9.8 \text{ ms}^{-2})} = 1,0 \text{ m}$
- (d)  $F = mg = (10.2 \text{ kg})(9.8 \text{ ms}^{-2}) = 100 \text{ N}$

9. Hitung energi yang diperlukan untuk menaikkan 1 kg hingga ketinggian 100 km. Lakukan perhitungan dengan dua cara: (a) asumsikan  $g$  tetap konstan; (b) menggunakan ungkapan energi potensial gravitasi yang tepat. (c) Berapa persentase perbedaan dalam dua perhitungan?

SOLUSI

(a)  $U_0 = 0, U_{100} = mgh = (1 \text{ kg})(9.8 \text{ ms}^{-2})(100\,000 \text{ m}) = 980\,000 \text{ J} \rightarrow \Delta U = 980\,000 \text{ J}$

(b) Energi potensial gravitasi  $U = -\frac{GmM}{r}$

$$\rightarrow U_0 = -\frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{Jm}}{\text{kg}^2}\right)(1 \text{ kg})(5,972168 \times 10^{24} \text{ kg})}{(6371000 \text{ m})} = -62524502 \text{ J}$$

$$U_{100} = -\frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{Jm}}{\text{kg}^2}\right)(1 \text{ kg})(5,972168 \times 10^{24} \text{ kg})}{(6371000 + 100000 \text{ m})} = -61558276 \text{ J}$$

$$\rightarrow \Delta U = 966\,226 \text{ J}$$

(c)  $100\% \frac{980\,000 - 966\,226}{966\,226} = 1,43\%$

10. Hitunglah usaha yang dilakukan oleh gaya  $\vec{F} = xy\hat{i} + (x - y)\hat{j}$  yang bekerja pada sebuah objek ketika objek bergerak dari titik (1,2) ke titik (2,8) sepanjang (a) lintasan lurus dan (b) lintasan parabolik yang melewati titik asal. (c) Apakah gaya tersebut konservatif?  $F$  dalam newton dan x dan y dalam meter.

SOLUSI

(a) Lintasan lurus:  $y = a + bx$

Melalui (1,2):  $2 = a + b \rightarrow b = 2 - a \rightarrow y = a + (2 - a)x$

Melalui (2,8):  $8 = a + (2 - a)2 = 4 - a \rightarrow a = -4$

$$\rightarrow y = -4 + 6x, \quad dy = 6dx$$

$$W = \int_{(1,2)}^{(2,8)} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{(1,2)}^{(2,8)} (F_x dx + F_y dy) = \int_{(1,2)}^{(2,8)} (xy dx + (x - y) dy)$$

$$W = \int_{(1,2)}^{(2,8)} (x(-4 + 6x) dx + (x - (-4 + 6x))6 dx) = \int_1^2 (24 - 34x + 6x^2) dx$$

$$= 24x - 17x^2 - 2x^3 \Big|_1^2 = -41 \text{ J}$$

(b) Lintasan parabolik:  $y = a + bx + cx^2$  dengan  $a = 0$  karena melalui titik asal.

Melalui (1,2):  $2 = b + c \rightarrow c = 2 - b \rightarrow y = bx + (2 - b)x^2$

Melalui (2,8):  $8 = 2b + 4(2 - b) = 8 - 2b \rightarrow b = 0$

$$\rightarrow y = 2x^2, \quad dy = 4x dx$$

$$W = \int_{(1,2)}^{(2,8)} (xy dx + (x - y) dy) = \int_{(1,2)}^{(2,8)} [x(2x^2) dx + \{x - (2x^2)\}(4x) dx]$$

$$= \int_{(1,2)}^{(2,8)} (2x^3 + 4x^2 - 8x^3) dx = \int_1^2 (4x^2 - 6x^3) dx = \left[ \frac{4}{3}x^3 - \frac{6}{4}x^4 \right]_1^2 = -13,17 \text{ J}$$

(c) Kedua hasil di atas berbeda, maka gaya di atas tidak konservatif.

11. Pada meja karambol, sebuah keping yang sedang bergerak dengan kelajuan 4 m/s menumbuk keping identik lain yang diam. Keping pertama berubah arah  $30^\circ$  terhadap arah semula dengan kelajuan  $v_1$ . Keping kedua berubah arah  $60^\circ$  terhadap arah semula tersebut dengan kelajuan  $v_2$ . Tentukanlah  $v_1$  and  $v_2$ .

SOLUSI

Tumbukan tidak "head-on", kedua keping berbelok ke sisi yang berlawanan.

Sebelum tumbukan:  $\vec{v}_{10} = 4\hat{i} \text{ ms}^{-1}$ ,  $\vec{v}_{20} = 0$

Setelah tumbukan  $\vec{v}_1 = v_1(\hat{i} \cos 30^\circ + \hat{j} \sin 30^\circ)$ ,  $\vec{v}_2 = v_2(\hat{i} \cos 60^\circ - \hat{j} \sin 60^\circ)$

Kekekalan momentum

$$4m\hat{i} = mv_1(\hat{i} \cos 30^\circ + \hat{j} \sin 30^\circ) + mv_2(\hat{i} \cos 60^\circ - \hat{j} \sin 60^\circ)$$

$$\rightarrow 4 = v_1 \cos 30^\circ + v_2 \cos 60^\circ; \quad 0 = v_1 \sin 30^\circ - v_2 \sin 60^\circ$$

Maka

$$v_1 = v_2\sqrt{3}$$

$$4 = \frac{1}{2}v_1\sqrt{3} + \frac{1}{2}v_2 = \frac{3}{2}v_2 + \frac{1}{2}v_2 \rightarrow v_2 = 2 \text{ m/s}, \quad v_1 = 2\sqrt{3} \text{ m/s}$$

12. Bola tenis 50 g menghantam raket tegak lurus dengan permukaan raket. Kelajuannya bola adalah 10 m/s dan terpental dengan kelajuan yang sama. Gaya yang bekerja pada bola meningkat secara linear hingga maksimum dalam 0,01 detik dan kemudian menurun secara linear menjadi nol dalam 0,01 detik berikutnya. (a) Tentukanlah perubahan momentum bola? (b) Berapa gaya rata-rata yang diberikan raket pada bola? (c) Berapa gaya maksimum yang diberikan raket pada bola?

SOLUSI

Tumbukan tidak "head-on", kedua keping berbelok ke sisi yang berlawanan.

Sebelum tumbukan:  $\vec{v}_{10} = 4\hat{i} \text{ ms}^{-1}$ ,  $\vec{v}_{20} = 0$

Setelah tumbukan  $\vec{v}_1 = v_1(\hat{i} \cos 30^\circ + \hat{j} \sin 30^\circ)$ ,  $\vec{v}_2 = v_2(\hat{i} \cos 60^\circ - \hat{j} \sin 60^\circ)$

Kekekalan momentum

$$4m\hat{i} = mv_1(\hat{i} \cos 30^\circ + \hat{j} \sin 30^\circ) + mv_2(\hat{i} \cos 60^\circ - \hat{j} \sin 60^\circ)$$

$$\rightarrow 4 = v_1 \cos 30^\circ + v_2 \cos 60^\circ; \quad 0 = v_1 \sin 30^\circ - v_2 \sin 60^\circ$$

Maka

$$v_1 = v_2\sqrt{3}$$

$$4 = \frac{1}{2}v_1\sqrt{3} + \frac{1}{2}v_2 = \frac{3}{2}v_2 + \frac{1}{2}v_2 \rightarrow v_2 = 2 \text{ m/s}, \quad v_1 = 2\sqrt{3} \text{ m/s}$$

13. Sebuah pesawat roket memancarkan gas panas dengan kecepatan 2000 m/s relatif terhadap pesawat. Jika roket tersebut membakar dan melepaskan 100 kg massa setiap detik, berapakah gaya dorong yang bekerja pada roket?

SOLUSI

Misalkan saat  $t$  massa roket  $M$  dengan kecepatan  $V = 0$  (terhadap roket) dan massa gas  $m$  dengan kecepatan  $v = -2000 \text{ m/s}$  (terhadap roket). Saat  $t + \Delta t$  massa roket  $M - (100 \text{ kg/s})\Delta t$  dengan kecepatan  $V + \Delta V$  dan massa gas  $m + (100 \text{ kg/s})\Delta t$  dengan kecepatan  $v = -2000 \text{ m/s}$ . Sistem jauh dari obyek lain sehingga gaya total yang bekerja pada sistem nol dan dengan demikian momentum total konstan.

Momentum total saat  $t$ :  $M(0) + mv$

Momentum total saat  $t + \Delta t$ :  $(M - (100 \text{ kg/s})\Delta t)(0 + \Delta V) + (m + (100 \text{ kg/s})\Delta t)v$

$$\begin{aligned} mv &= (M - (100 \text{ kgs}^{-1})\Delta t)(0 + \Delta V) + (m + (100 \text{ kgs}^{-1})\Delta t)v \\ &= (M\Delta V - (100 \text{ kgs}^{-1})\Delta t\Delta V + mv + (100 \text{ kg/s})\Delta tv \end{aligned}$$

$$\approx M\Delta V + mv + (100 \text{ kg/s})\Delta tv$$

$$\rightarrow 0 \approx M\Delta V + (100 \text{ kg/s})\Delta tv$$

$$\rightarrow M \frac{\Delta V}{\Delta t} \approx - \left(100 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) v = - \left(100 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) \left(-2000 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 2 \times 10^5 \text{ N}$$

14. Tinjau sistem tiga partikel yang massa dan posisinya pada saat  $t$  diberikan dalam tabel. Tentukan (a) posisi, (b) kecepatan, dan (c) percepatan pusat massa sistem.

Particles	Masses (kg)	$x$ (m)	$y$ (m)	$z$ (m)
Particle 1	1	$2t$	$3t^2 - 2$	$4t^2$
Particle 2	3	2	$t^2$	0
Particle 3	2	-3	$-4t$	$-t$

### SOLUSI

Dari tabel diperoleh

Particles	Masses (kg)	$mx$	$my$	$mz$
Particle 1	1	$2t$	$3t^2 - 2$	$4t^2$
Particle 2	3	6	$3t^2$	0
Particle 3	2	-6	$-8t$	$-2t$
Jumlah	6	$2t$	$6t^2 - 8t - 2$	$4t^2 - 2t$

Maka,

- (a) posisi pusat massa sistem saat  $t$  adalah:  $\vec{R} = \frac{1}{6}(2t\hat{i} + (6t^2 - 8t - 2)\hat{j} + (4t^2 - 2t)\hat{k}) = \frac{1}{3}(t\hat{i} + (3t^2 - 4t - 1)\hat{j} + (2t^2 - t)\hat{k})$
- (b) kecepatan pusat massa sistem saat  $t$  adalah:  $\vec{V} = \frac{1}{3}(\hat{i} + (6t - 4)\hat{j} + (4t - 1)\hat{k})$
- (c) percepatan pusat massa sistem saat  $t$  adalah:  $\vec{A} = \frac{1}{3}(6\hat{j} + 4\hat{k})$

15. Posisi partikel 1 bermassa  $m$  pada saat  $t$  adalah  $\vec{r}_1 = 5(\hat{i} \cos(at + b) + \hat{j} \sin(at + b))$  sedangkan posisi partikel 2 bermassa  $5m$  adalah  $\vec{r}_2 = \hat{i} \cos(ct + d) + \hat{j} \sin(ct + d)$ .  $a, b, c, d$  konstanta. Tentukan (a) posisi dan (b) kecepatan pusat massa sistem. (c) Tentukanlah persyaratan agar posisi pusat massa tidak bergerak. (d) Tentukanlah persyaratan agar posisi dan kecepatan pusat massa saling tegak lurus.

### SOLUSI

- (a) Posisi pusat massa:  $\vec{R} = \frac{5}{6}[\cos(at + b) + \cos(ct + d)]\hat{i} + \frac{5}{6}[\sin(at + b) + \sin(ct + d)]\hat{j}$
- (b) Kecepatan pusat massa:  $\vec{V} = \frac{5}{6}[-a \sin(at + b) - c \sin(ct + d)]\hat{i} + \frac{5}{6}[a \cos(at + b) + c \cos(ct + d)]\hat{j}$
- (c) Agar tidak bergerak maka posisi pusat massa tidak bergantung waktu  $t$ . Maka  $c = a$ ,  $d = b + \pi$
- (d)  $\vec{R} \cdot \vec{V} = 0 = \{[5\cos(at + b) + 5\cos(ct + d)]\{-5a \sin(at + b) - 5c \sin(ct + d)\}\} + \{[5 \sin(at + b) + 5 \sin(ct + d)]\{5a \cos(at + b) + 5c \cos(ct + d)\}\}$
- $$0 = \{[5\cos(at + b) + 5\cos(ct + d)]\{-5a \sin(at + b) - 5c \sin(ct + d)\}\} + \{[5 \sin(at + b) + 5 \sin(ct + d)]\{5a \cos(at + b) + 5c \cos(ct + d)\}\}$$
- $$0 = [\cos(at + b) + \cos(ct + d)][-a \sin(at + b) - c \sin(ct + d)] + [\sin(at + b) + \sin(ct + d)][a \cos(at + b) + c \cos(ct + d)]$$
- $$0 = -a \sin(at + b) \cos(at + b) - a \sin(at + b) \cos(ct + d) - c \sin(ct + d) \cos(at + b) - c \sin(ct + d) \cos(ct + d) + a \cos(at + b) \sin(at + b) + a \cos(at + b) \sin(ct + d) + c \cos(ct + d) \sin(at + b) + c \cos(ct + d) \sin(ct + d)$$
- $$0 = -a \sin(at + b) \cos(ct + d) - c \sin(ct + d) \cos(at + b) + a \cos(at + b) \sin(ct + d) + c \cos(ct + d) \sin(at + b)$$
- $$0 = \sin(at + b) \cos(ct + d) (-a + c) + \sin(ct + d) \cos(at + b) (-c + a)$$

Dari sini kita dapat syarat agar posisi dan kecepatan pusat massa saling tegak lurus adalah:

$$a = c$$