6 KINETIK SISTEM PARTIKEL

6.1. PRINSIP NEWTON UNTUK SISTEM PARTIKEL

Sebelum kita menentukan persamaan Newton II untuk sistem partikel, kita mulai dengan menentukan persamaan Newton II untuk tiap – tiap partikel P_i, dimana batasan i adalah : $1 \leq i \leq n$.

Dengan memperhatikan suatu partikel, seperti terlihat pada Gambar 6.1. di bawah, di misalkan :

r_i = vektor posisi partikel P_i terhadap sistem sumbu.

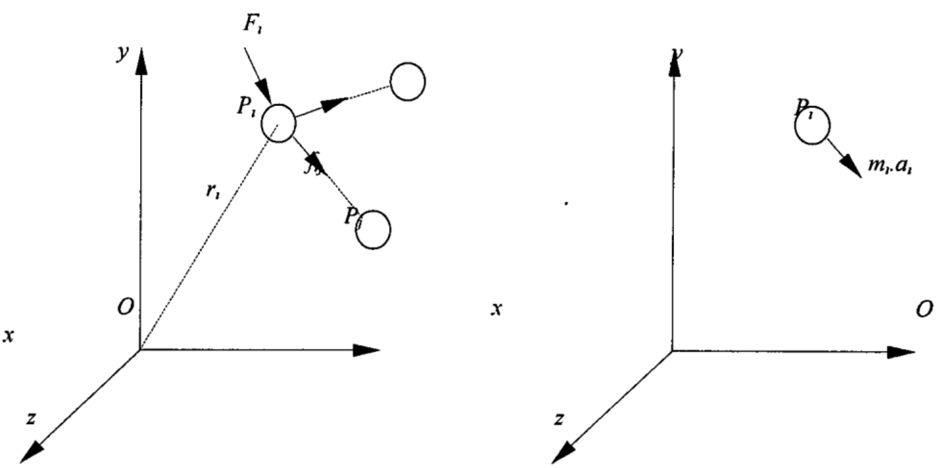
m_i = massa partikel P_i.

a_i = percepatan partikel P_i.

f_{ij} = gaya oleh P_j kepada P_i.

$\sum_{j=1}^{n} f_{ij}$ = gaya oleh semua partikel pada P_i. (dalam hal ini $f_{ii} = 0$)

$f^{\,i}$ = gaya luar yang bekerja pada partikel P_i.



Gambar 6.1. Gaya Efektive Pada Sistem Partikel

Hukum Newton II untuk partikel P_i, dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_i + \sum_{j=1}^{n} f_{ij} = m_i . a_i \quad \text{...} \quad \textbf{(6.1)}$$

Bila ruas kiri dan ruas kanan dari persamaan 6.1, dikalikan dengan vektor posisi r_i, maka diperoleh :

$$r_i \times F_i + \sum_{j=1}^{n} \left(r_i \times f_{ij} \right) = r_i \times m_i . a_i \quad \text{..} \quad \textbf{(6.2)}$$

Jika persamaan 6.1 dan persamaan 6.2 diulang untuk seluruh partikel, maka diperoleh sejumlah n persamaan 6.1 dan n persamaan 6.2, dimana i = *1, 2, 3, ..., n.*

Hukum Newton II untuk partikel P_i, dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_i + \sum_{j=1}^{n} f_{ij} = m_i . a_i \quad \text{...} \quad \textbf{(6.1)}$$

Bila ruas kiri dan ruas kanan dari persamaan 6.1, dikalikan dengan vektor posisi r_i, maka diperoleh :

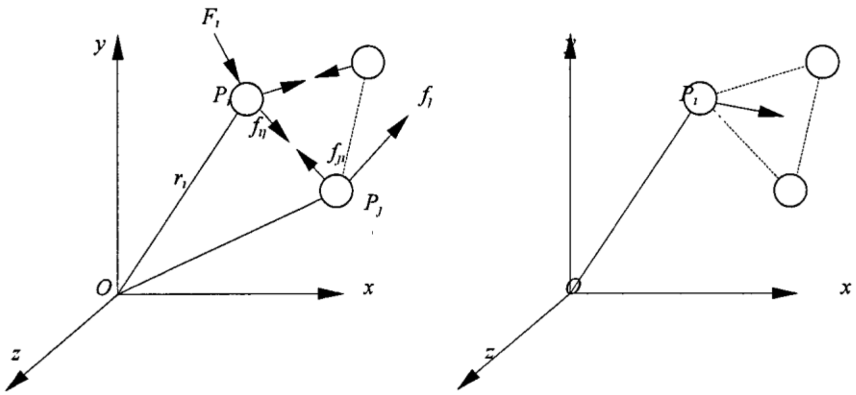
$$r_i \times F_i + \sum_{j=1}^{n} \left(r_i \times f_{ij} \right) = r_i \times m_i . a_i \quad \text{..} \quad \textbf{(6.2)}$$

Jika persamaan 6.1 dan persamaan 6.2 diulang untuk seluruh partikel, maka diperoleh sejumlah n persamaan 6.1 dan n persamaan 6.2, dimana i = *1, 2, 3, ..., n.*

Vektor $m_i.a_i$ disebut gaya efektive dari partikel P_i. Persamaan di atas menggambarkan bahwa gaya luar f_i dan gaya dalam f_{ij} yang bekerja pada sistem partikel, ekuivalen dengan gaya efektive dari sistem partikel, dimana dalam hal ini berlaku :

f_{ij} = gaya dalam oleh partikel P_j kepada partikel P_i.

f_{ji} = gaya dalam oleh partikel P_i kepada partikel P_j.



Gambar 6.2. Gaya Luar dan Gaya Dalam Pada Sistem Partikel

Gambar 6.2 menunjukkan, bahwa gaya luar dan gaya dalam yang bekerja pada sistem partikel sama dengan sistem gaya efektive.

Berdasarkan hukum Newton III, untuk partikel P_i dan partikel P_j, berlaku :

$$f_{ij} + f_{ji} = 0$$

Momen oleh gaya f_{ij} dan gaya f_{ji}, terhadap pusat O, adalah :

$$r_i \times f_{ij} + r_i \times f_{ji} = r_i \times (f_{ij} + f_{ji}) + (r_j - r_i) \times f_{ji} = 0 \quad \text{, karena}$$

$f_{ij} + f_{ji} = 0$, maka : $(r_j - r_i) \times f_{ji} = 0$

Jadi dapat disimpulkan bahwa vektor $(r_j - r_i)$ dan f_{ji} adalah berimpit.

Apabila kita jumlah semua gaya dalam dan momen oleh gaya dalam terhadap pusat O, maka diperoleh :

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} f_{ij} = 0$$

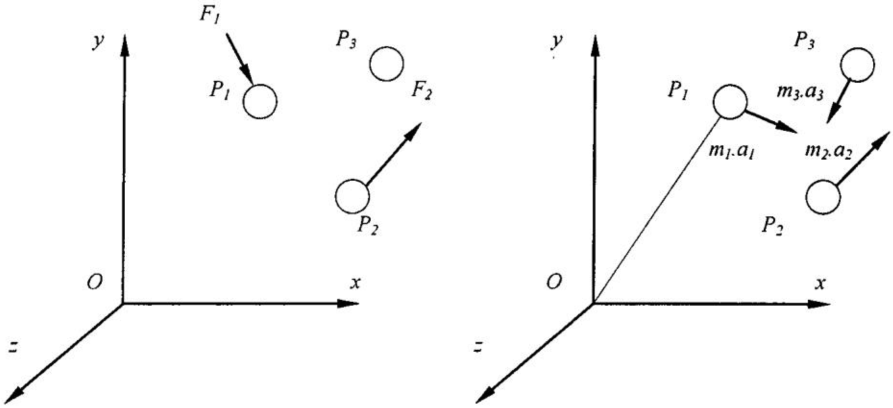
$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} (r_i \times f_{ij}) = 0 \quad \text{...} \quad \textbf{\textit{(6.3)}}$$

Dengan memasukkan persamaan 6.3 ke dalam persamaan 6.1 dan persamaan 6.2, maka dapat diperoleh :

$$\sum_{i=1}^{n} F_i = \sum_{i=1}^{n} m_i.a_i \quad \text{...} \quad \textbf{\textit{(6.4)}}$$

$$\sum_{i=1}^{n} (r_i \times F_i) = \sum_{i=1}^{n} (r_i \times m_i.a_i) \quad \text{..} \quad \textbf{\textit{(6.5)}}$$

Persamaan 6.4 dan persamaan 6.5 menunjukkan bahwa sistem gaya luar yang bekerja pada sistem partikel dan sistem gaya efektive dari partikel, adalah ekuivalen.



Gambar 6.3. Gaya Luar dan Gaya Efektive Pada Sistem Partikel

6.2. LINIER DAN ANGULAR MOMENTUM SISTEM PARTIKEL

Linier momentum dari sistem partikel dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$L = \sum_{i=1}^{n} m_i.v_i \quad \text{..} \quad \textbf{\textit{(6.6)}}$$

Sedangkan angular momentum dari sistem partikel terhadap pusat O, adalah sebagai berikut :

$$Ho = \sum_{i=1}^{n} m_i.\dot{v}_i = \sum_{i=1}^{n} m_i.a_i \mid \quad \text{...} \quad \textbf{\textit{(6.7)}}$$

Bila persamaan 6.6 dan persamaan 6.7, di atas di defferensialkan terhadap waktu, maka diperoleh :

$$\dot{L} = \sum_{i=1}^{n} m_i.\dot{v}_i = \sum_{i=1}^{n} m_i.a_i \quad \text{.......} \quad (6.8)$$

$$\dot{Ho} = \sum_{i=1}^{n} (\dot{r}_i \times m_i.v_i) + \sum_{i=1}^{n} \left(r_i \times m_i.\dot{v}_i \right)$$

$$= \sum_{i=1}^{n} (v_i \times m_i.v_i) + \sum_{i=1}^{n} (r_i \times m_i.a_i)$$

Dimana harga : $\sum_{i=1}^{n} (v_i \times m_i.v_i) = 0$,maka :

$$\dot{Ho} = \sum_{i=1}^{n} (r_i \times m_i.a_i) \quad \text{.......} \quad (6.9)$$

Dengan memasukkan persamaan 6.4 dan persamaan 6.5 ke dalam persamaan 6.8 dan persamaan 6.9, maka dapat diperoleh :

$$\dot{L} = F \quad \text{.......} \quad (6.10)$$

$$\dot{Ho} = Mo \quad \text{.......} \quad (6.11)$$

6.3. GERAK DARI PUSAT BERAT SISTEM PARTIKEL

Bila diketahui, bahwa :

F = Vektor posisi dari pusat berat suatu sistem partikel.

$m = \sum_{i=1}^{n} m_i$ = total massa dari sistem partikel.

r_i = vektor posisi partikel i $(1 \leq i \leq n)$

maka berlaku :

$$m.\bar{r} = \sum_{i=1}^{n} m_i.r_i \quad \text{.......} \quad (6.12)$$

Dengan menggunakan sumbu x, y, z, maka persamaan 6.12 akan berubah menjadi :

$$m.\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} m_i.x_i$$

$$m.\bar{y} = \sum_{i=1}^{n} m_i.y_i$$

$$m.\bar{z} = \sum_{i=1}^{n} m_i.z_i$$

Bila persamaan 6.12 di atas, di defferensialkan terhadap waktu, maka diperoleh persamaan :

$$m.\dot{\bar{r}} = \sum_{i=1}^{n} m_i.v_i$$

$$m.\bar{v} = \sum_{i=1}^{n} m_i.v_i \quad \text{............} \quad (6.13)$$

Bila L adalah linier momentum dari sistem, maka :

$$L = m.\bar{v} \quad \text{............} \quad (6.14)$$

$$\dot{L} = m.\dot{\bar{v}} = m.\bar{a} \quad \text{............} \quad (6.15)$$

Dan bila diketahui, bahwa :

$\dot{L} = \sum F$, maka :

$$\sum F = m.\bar{a} \quad \text{............} \quad (6.16)$$

6.4. ANGULAR MOMENTUM SISTEM PARTIKEL TERHADAP PUSAT BERATNYA

Pada Gambar 6.4. di bawah, diketahui :

O_{xyz} = sistem sumbu tetap

$O_{x'y'z'}$ = sistem sumbu yang sistem sumbu tetap dengan pusat di G

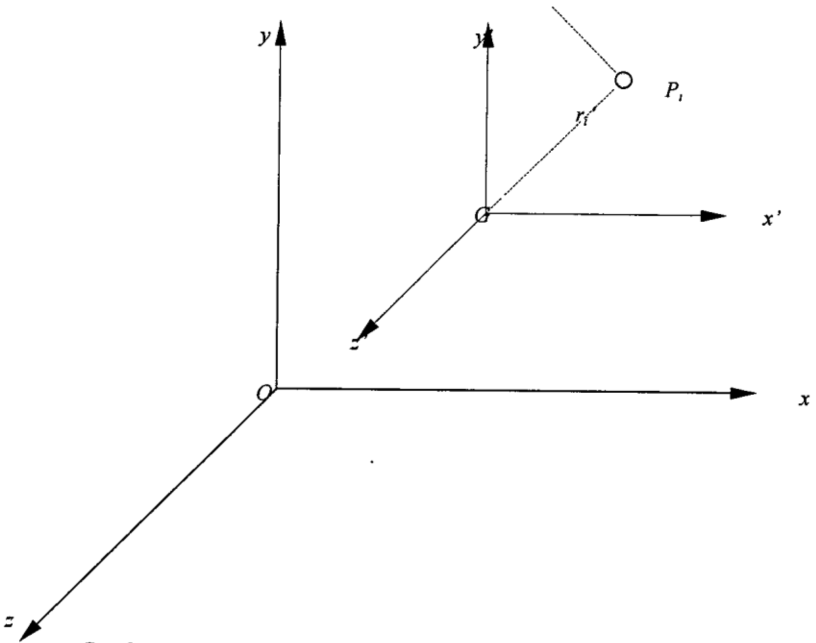
G = pusat berat sistem partikel

r_i' = posisi partikel P_i terhadap sumbu $G_{x'y'z'}$

v_i' = kecepatan partikel P_i terhadap sumbu $G_{x'y'z'}$

Dimana angular momentum HG' dari sistem partikel terhadap pusat berat G, adalah sebagai berikut :

$$HG' = \sum_{i=1}^{n} \left(r_i' \times m_i.v_i' \right) \quad \text{............} \quad (6.17)$$



Gambar 6.4. Angular Momentum Sistem Partikel Terhadap Pusat Berat

Bila persamaan 6.17 di atas, di defferensialkan terhadap waktu, maka diperoleh persamaan :

$$\dot{H}G' = \sum_{i=1}^{n} (r_i' \times m_i.a_i') \quad \text{...} \quad \textbf{(6.18)}$$

Dimana :

a_i' = percepatan partikel P_i relative terhadap sistem sumbu $G_{x'y'z'}$

Dengan mengetahui, bahwa :

$$a_i = \bar{a} + a_i'$$

Dimana :

a_i = percepatan partikel P_i relative terhadap sistem sumbu O_{xyz}.

$\bar{a}$ = percepatan pusat G relative terhadap sistem sumbu O_{xyz}.

maka persamaan 6.18, berubah menjadi :

$$\dot{H}G' = \sum_{i=1}^{n} (r_i' \times m_i.a_i') - \left(\sum_{i=1}^{n} m_i.\dot{r}_i' \right) \times \bar{a}$$

dimana suku kedua dari ruas kiri, harganya adalah :

$$\sum_{i=1}^{n} m_i.v_i' = m.r_G' = 0$$

$r_G' = 0$, karena G adalah pusat berat sistem, maka :

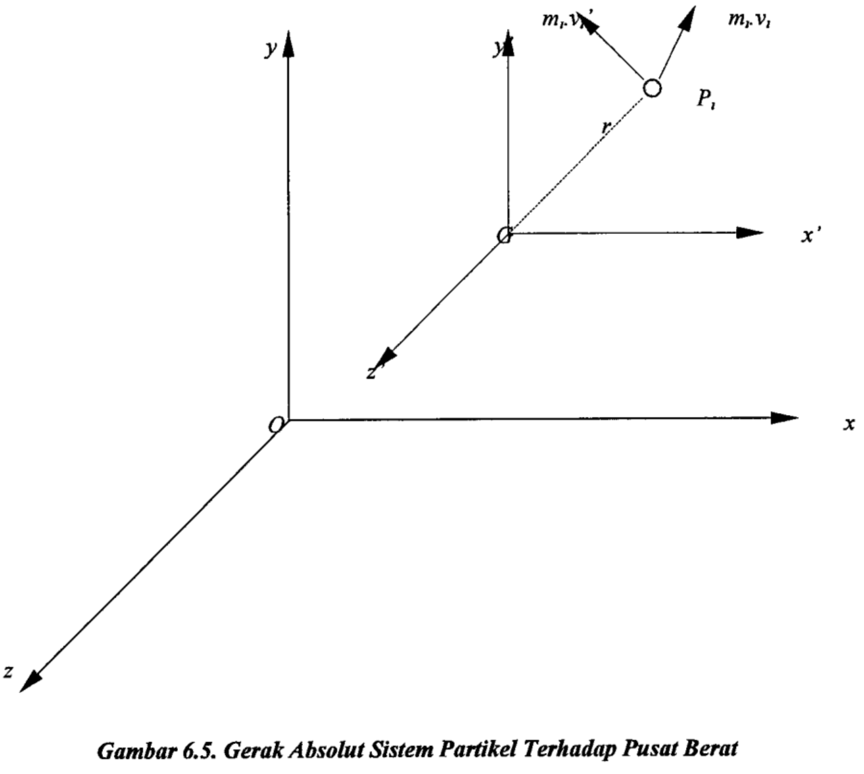
$$\dot{H}G' = \sum_{i=1}^{n} \left(r_i' \times m_i.a_i' \right) \quad \text{...} \quad (6.19)$$

dimana harga :

$$\sum_{i=1}^{n} \left(r_i' \times m_i.a_i' \right) = MG \text{ , jadi :}$$

$$\sum MG = \dot{H}G' \quad \text{...} \quad (6.20)$$

Jadi total momen terhadap pusat G oleh gaya luar, adalah sama dengan angular momentum terhadap pusat G dari sistem partikel.



Gambar 6.5. Gerak Absolut Sistem Partikel Terhadap Pusat Berat

Dimana :

v_i' = kecepatan partikel P_i terhadap sistem sumbu $G_{x'y'z'}$.

v_i = kecepatan absolut partikel P_i (relative terhadap O_{xyz}).

Angular momentum dari gerakan absolut sistem partikel (gerakan relative terhadap sumbu O_{xyz}) terhadap pusat berat G, adalah :

$$HG = \sum_{i=1}^{n} (r_i' \times m_i . v_i') \qquad (6.21)$$

Karena harga :

$$v_i = \bar{v} + v_i'$$

Maka :

$$HG = \left(\sum_{i=1}^{n} m_i . r_i \right) \times \bar{v} + \sum_{i=1}^{n} (r_i' \times m_i . v_i')$$

Dimana harga :

$$\sum_{i=1}^{n} m_i . r_i' = m . r_B' = 0$$

Sehingga :

$$HG = \sum_{i=1}^{n} m_i . r_i' = m . r_B' = 0$$

$$HG = \sum_{i=1}^{n} (r_i' \times m_i . v_i') = HG' \qquad (6.22)$$

Dengan memperhatikan persamaan 6.20 dan persamaan 6.22, dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\sum MG = \dot{HG} \qquad (6.23)$$

Berdasarkan analisa di atas, maka angular momentum HG dapat dihitung dengan menentukan momen terhadap pusat G dari linier momentum partikel, dengan memperhatikan gerakan relative terhadap sisstem sumbu O_{xyz} atau $G_{x'y'z'}$, jadi :

$$HG = \sum_{i=1}^{n} (r_i' \times m_i . v_i') = \sum_{i=1}^{n} (v_i' \times m_i . v_i') \qquad (6.24)$$

6.5. PRINSIP KEKEKALAN MOMENTUM SISTEM PARTIKEL

Bila tidak ada gaya luar yang bekerja pada sistem partikel, maka ruas kiri dari persamaan 6.10 dan persamaan 6.11, adalah sama dengan nol, dan berlaku :

$$\dot{L} = 0$$

$\dot{H}o = 0$, maka :

L = konstan

Ho = konstan ....(6.25)

Persamaan 6.25 ini menunjukkan bahwa linier momentum dan angular momentum dari sistem partikel terhadap pusat O adalah sama dengan nol.

Dengan memperhatikan kecepatan rata – rata pusat berat $\bar{v}$ dari sistem partikel, maka :

$$L = m.\bar{v}$$

Bila L = konstan, maka :

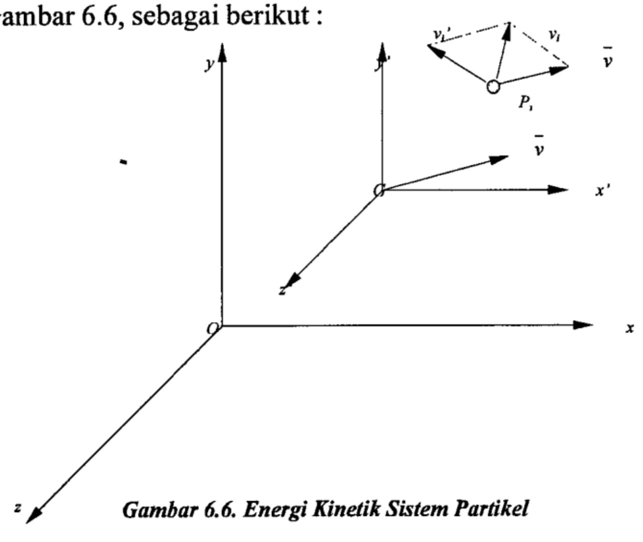
$\bar{v}$ = konstan .... (6.26)

Hal ini berarti bahwa berat sistem partikel bergerak lurus dengan kecepatan konstan. Apabila total momen terhadap pusat berat G, sama dengan nol, maka persamaan 6.23 menjadi :

HG = *konstan* .... (6.27)

6.6. KINETIK ENERGI DARI SISTEM PARTIKEL

Lihat Gambar 6.6, sebagai berikut :



Gambar 6.6. Energi Kinetik Sistem Partikel

Energi kinetik sistem partikel dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$T = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(m_i.v_i^{\,2}\right) \quad \text{(6.28)}$$

Dengan memperhatikan sumbu gerak $G_{x'y'z'}$, dimana G adalah pusat berat sistem partikel, dapat diketahui bahwa :

$$v_i = \bar{v} + v_i'$$

Maka persamaan 6.28 berubah menjadi :

$$T = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} m_i\left[\left(\bar{v} + v_i'\right)^2\right]$$

$$T = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(m_i\right)\bar{v}^2 + \sum_{i=1}^{n}\left(m_i.v_i'\right)\bar{v} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(m_i.v_i'^2\right)$$

Dimana suku kedua dari ruas kanan adalah sama dengan nol , maka :

$$T = \frac{1}{2}m\bar{v}^2 + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} m_i.v_i'^2 \quad \text{(6.29)}$$

6.7. PRINSIP IMPULS DAN MOMENTUM UNTUK SISTEM PARTIKEL

Apabila persamaan 6.10 dan persamaan 6.11 diintegralkan dalam batas t_1 sampai dengan t_2, maka dapat diperoleh :

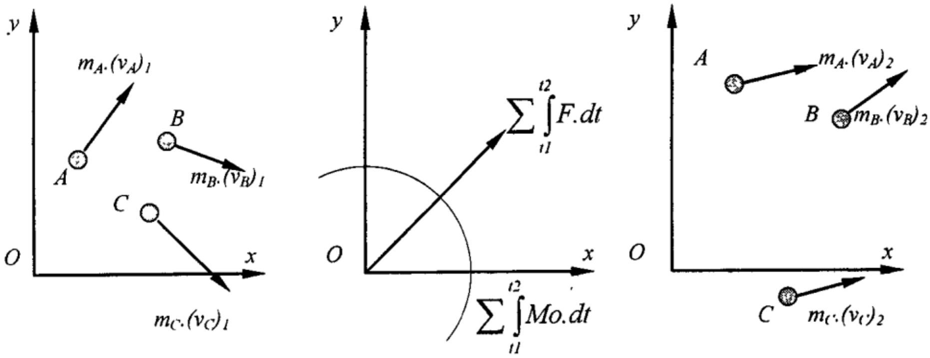
$$\sum\int_{t1}^{t2} F.dt = \int_{L1}^{L2} dL$$

$$\sum\int_{t1}^{t2} Mo.dt = \int_{(Ho)1}^{(Ho)2} d(Ho) \quad \text{atau}$$

$$L_1 + \sum\int_{t1}^{t2} F.dt = L_2 \quad \text{(6.30)}$$

$$(Ho)_1 + \sum\int_{t1}^{t2} Mo.dt = (Ho)_2 \quad \text{(6.31)}$$

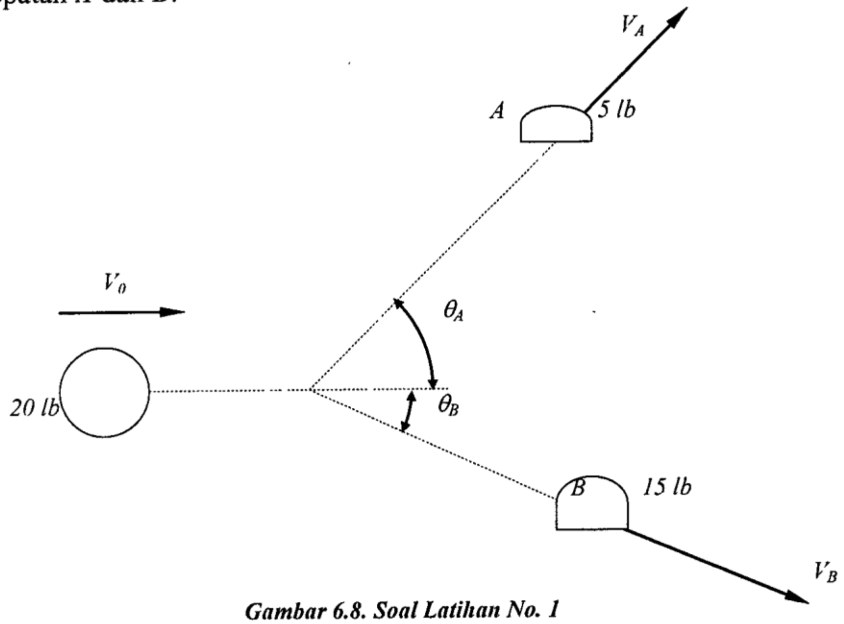
Dimana persamaan 6.30 dan persamaan 6.31 dapat dijelaskan dengan menggunakan Gambar 6.7, sebagai berikut :



Gambar 6.7. Prinsip Impuls dan Momentum Untuk Sistem Partikel

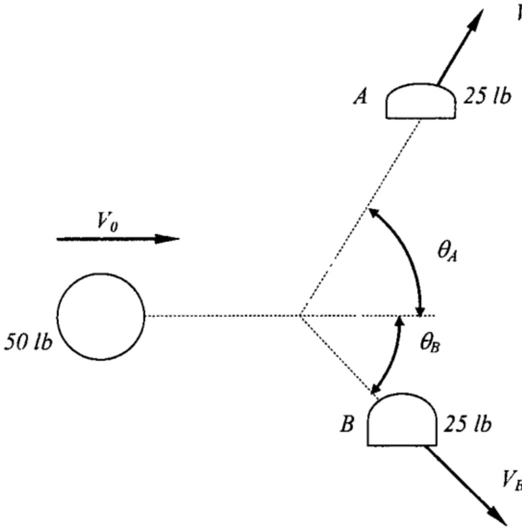
6.8. SOAL – SOAL LATIHAN

1. Suatu bola dengan berat *20 lb* dan kecepatannya v_0 = *100 ft/det*. Ketika meledak (pecah) menjadi dua bagian, yaitu *bagian A* dan *bagian B*, yang masing – masing beratnya adalah *5 lb* dan *15 lb*. Diketahui bahwa kecepatan *A* dan *B*, seperti terlihat pada Gambar 6.8 di bawah. Dimana θ_A = 45^0 dan θ_B = 30^0. Hitung kecepatan *A* dan *B*.



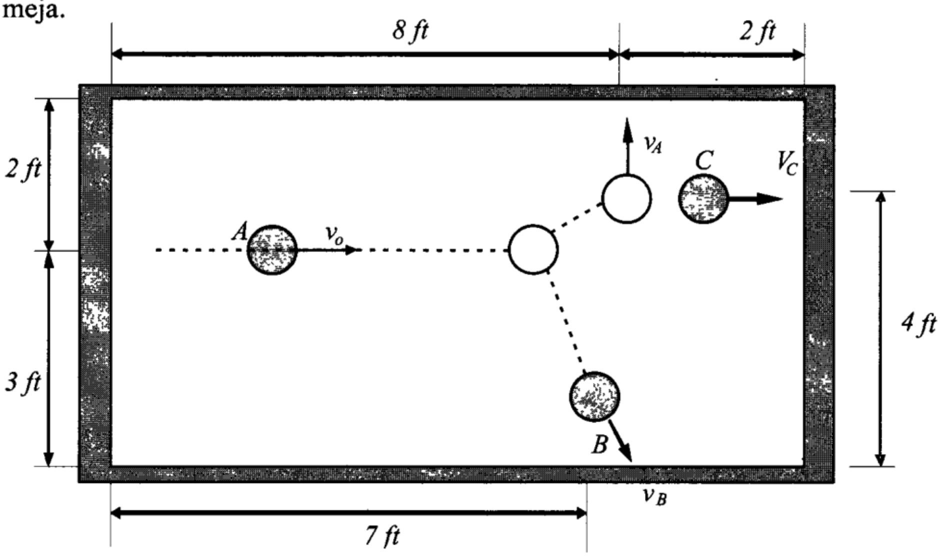
Gambar 6.8. Soal Latihan No. 1

2. Suatu bola dengan berat *50 lb* dan kecepatannya v_0 = *200 ft/det*. Ketika meledak (pecah) menjadi dua bagian, yaitu *bagian A* dan *bagian B*, yang masing – masing beratnya adalah *25 lb* dan *25 lb*. Diketahui bahwa kecepatan *A* dan *B*, seperti terlihat pada Gambar 6.9 di bawah. Dimana $\theta_A = 60^0$ dan $\theta_B = 45^0$. Hitung kecepatan *A* dan *B*.



Gambar 6.9. Soal Latihan No. 2

3. Pada permainan biliard, *bola A* diberi kecepatan v_0 = *10 ft/det* dengan arah sejajar sumbu meja. Diketahui bahwa *bola A* memukul *bola B*, kemudian *bola C* yang mula – mula diam. Kemudian *bola A, bola B* dan *bola C* memukul tepi meja seperti terlihat pada Gambar 6.10 di bawah. Hitung v_A, v_B dan v_C dengan mana bola memukul tepi meja.



Gambar 6.10. Soal Latihan No. 3

Contoh Soal 1: Energi Kinetik

Sebuah mobil dengan massa 1500 kg bergerak dengan kecepatan 72 km/jam. Berapa energi kinetik mobil tersebut ?

Jawab:

Pertama, ubah kecepatan ke satuan meter per detik (m/s):

$$V = 72 \text{ km/jam} = \frac{72 \times 1.000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

Gunakan rumus energi kinetik (E_k) = ½ $m.v^2$

E_k = ½ x 1.500 kg x $(20 \text{ m/s})^2$ = 750 kg x 400 m^2/s^2 = 300.000 $kg.m^2/s^2$

= 300.000 $(kg.m/s^2)(m)$ = 300.000 N/m = 300.000 J = 300 kJ

Contoh Soal 2: Pusat Massa

Dua titik massa, m_1 = 3 kg dan m_2 = 5 kg, berada pada jarak 4 m dan 8 m dari titik asal pada sumbu x. Tentukan posisi pusat massa sistem ?

Jawab:

Gunakan rumus pusat massa pada sumbu X:

$$X_{pm} = \frac{m_1 \, . \, x_1 + m_2 \, . \, x_2}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{(3 \text{ kg} \times 4 \text{ m}) + (5 \text{ kg} \times 8 \text{ m})}{(3 + 5) \text{ kg}}$$

$$= \frac{(12 + 40) \text{ kg.m}}{8 \text{ kg}}$$

$$= \frac{52 \text{ m}}{8}$$

X_{pm} = 6,5 m

Jadi posisi pusat massa sistem adalah 6,5 m dari titik asal.

Contoh Soal 3: Gerak Pusat Massa Sistem Dua Partikel

Dua benda (partikel) dengan massa m_1 = 2 kg dan m_2 = 4 kg bergerak dengan vektor posisi masing-masing sebagai berikut:

- Posisi partikel 1: $\vec{r}_1(t) = (2\hat{\imath} + 3t\hat{\jmath} + 4\hat{k})$ meter
- Posisi partikel 2: $\vec{r}_2(t) = (t^2\hat{\imath} + 5\hat{\jmath} + 6t^3\hat{k})$ meter

Tentukan:

a. Kecepatan pusat massa sistem ($\vec{V}_{PM}$) pada waktu t tertentu ?

b. Percepatan pusat massa sistem ($\vec{a}_{PM}$) pada t = 1 s ?

<u>Jawaban</u>:

a. Kecepatan Pusat Massa Sistem ($\vec{V}_{PM}$)

Pertama, kita tentukan vektor kecepatan masing-masing partikel dengan menurunkan fungsi posisi terhadap waktu ($v = dr/dt$):

- Kecepatan partikel 1:

$$\vec{v}_1(t) = \frac{d\vec{r}_1}{dt} = \frac{d}{dt}(2\hat{\imath} + 3t\hat{\jmath} + 4\hat{k}) = (0\hat{\imath} + 3\hat{\jmath} + 0\hat{k}) = 3\hat{\jmath}\text{m/s}$$

- Kecepatan partikel 2:

$$\vec{v}_2(t) = \frac{d\vec{r}_2}{dt} = \frac{d}{dt}(t^2\hat{\imath} + 5\hat{\jmath} + 6t^3\hat{k}) = (2t\hat{\imath} + 0\hat{\jmath} + 18t^2\hat{k})$$
$$= 2t\hat{\imath} + 18t^2\hat{k}\text{m/s}$$

Selanjutnya, kita gunakan rumus kecepatan pusat massa untuk sistem dua partikel:

$$\vec{V}_{PM} = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2}{m_1 + m_2}$$

Substitusi nilai massa dan kecepatan:

$$\vec{V}_{PM} = \frac{(2\,\text{kg})(3\hat{j}) + (4\,\text{kg})(2t\hat{i} + 18t^2\hat{k})}{2\,\text{kg} + 4\,\text{kg}}$$

$$\vec{V}_{PM} = \frac{6\hat{j} + 8t\hat{i} + 72t^2\hat{k}}{6}$$

$$\vec{V}_{PM} = \frac{8t}{6}\,\hat{i} + \frac{6}{6}\,\hat{j} + \frac{72t^2}{6}\,\hat{k}$$

$$\vec{V}_{PM} = (\frac{4}{3}\,t)\hat{i} + (1)\hat{j} + (12t^2)\hat{k}\text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan pusat massa sistem pada waktu t adalah $\vec{V}_{PM} = \frac{4}{3}\,t\hat{i} + \hat{j} + 12t^2\hat{k}$ m/s

b. Percepatan Pusat Massa Sistem ($\vec{a}_{PM}$)

Percepatan pusat massa dapat diperoleh dengan menurunkan fungsi kecepatan pusat massa terhadap waktu:

$$\vec{a}_{PM} = \frac{d\vec{V}_{PM}}{dt}$$

$$\vec{a}_{PM} = \frac{d}{dt}\left(\frac{4}{3}t\hat{\imath} + \hat{\jmath} + 12t^2\hat{k}\right)$$

$$\vec{a}_{PM} = \left(\frac{4}{3}\right)\hat{\imath} + (0)\hat{\jmath} + (24t)\hat{k}$$

$$\vec{a}_{PM} = \frac{4}{3}\hat{\imath} + 24t\hat{k}\ \mathrm{m/s^2}$$

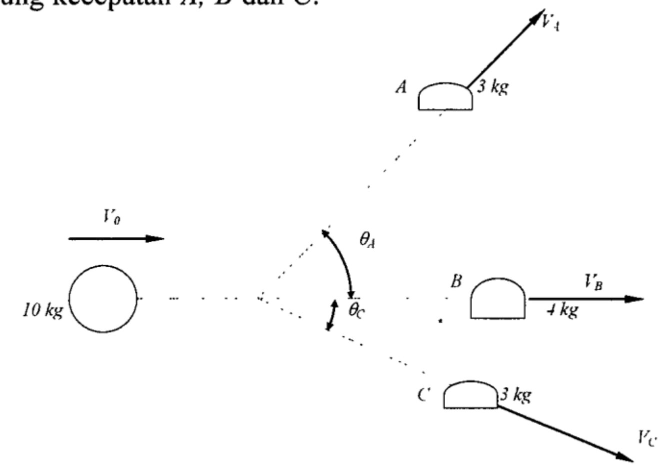
Untuk menemukan nilai percepatan pada $t = 1$ s, substitusi $t = 1$:

$$\vec{a}_{PM}(1\ \mathrm{s}) = \frac{4}{3}\hat{\imath} + 24(1)\hat{k}$$

$$\vec{a}_{PM}(1\ \mathrm{s}) = \frac{4}{3}\hat{\imath} + 24\hat{k}\ \mathrm{m/s^2}$$

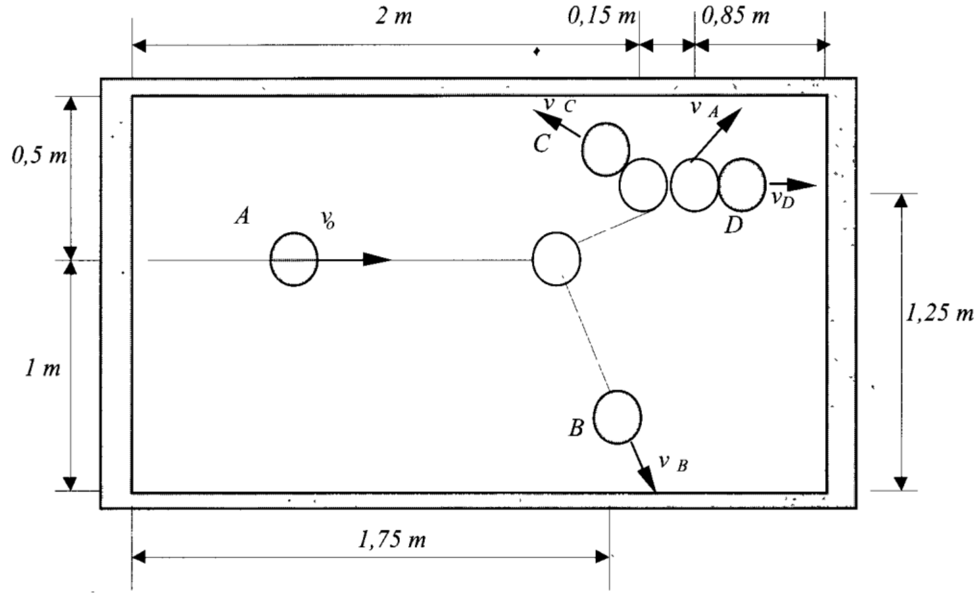
Percepatan pusat massa sistem pada $t = 1$ s adalah $\vec{a}_{PM} = \frac{4}{3}\hat{\imath} + 24\hat{k}\ \mathrm{m/s^2}$.

4. Suatu bola dengan berat *10 kg* dan kecepatannya v_0 = *150 m/det*. Ketika meledak (pecah) menjadi tiga bagian, yaitu *bagian A*, *bagian B* dan *bagian C*, yang masing – masing beratnya adalah *3 kg, 4 kg* dan *3 kg*. Diketahui bahwa kecepatan bola *A, B* dan *C*, seperti terlihat pada Gambar 6.11 di bawah. Dimana $\theta_A = 45^0$, $\theta_B = 0^0$ dan $\theta_C = 30^0$. Hitung kecepatan *A, B* dan *C*.



Gambar 6.11. Soal Latihan No. 4

5. Pada permainan biliard, *bola A* diberi kecepatan v_0 = *25 m/det* dengan arah sejajar sumbu meja. Diketahui bahwa *bola A* memukul *bola B*, kemudian *bola C* dan *bola D* yang mula – mula diam. Kemudian *bola A, bola B, bola C* dan *bola D* memukul tepi meja seperti terlihat pada Gambar 6.12 di bawah. Hitung v_A, v_B, v_C dan v_D, dengan mana bola memukul tepi meja.



Gambar 6.12. Soal Latihan No. 5