5 PRINSIP MOMENTUM UNTUK PARTIKEL

Prinsip ini efektif sekali untuk menganalisa problem dinamika yang merupakan hubungan dari besaran – besaran gaya, waktu dan kecepatan.

Pada Gambar 5.1, ditunjukkan partikel massa m yang mempunyai kecepatan v, bergerak menurut lintasan AB. Dari persamaan Newton II dalam hal ini,

$$F = m \cdot a$$

Dengan mengganti komponen a menjadi :

$$a = \frac{dv}{dt}\text{ , maka :}$$

$$F = m.\frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(m.v) \qquad \text{........................} \qquad (5.1)$$

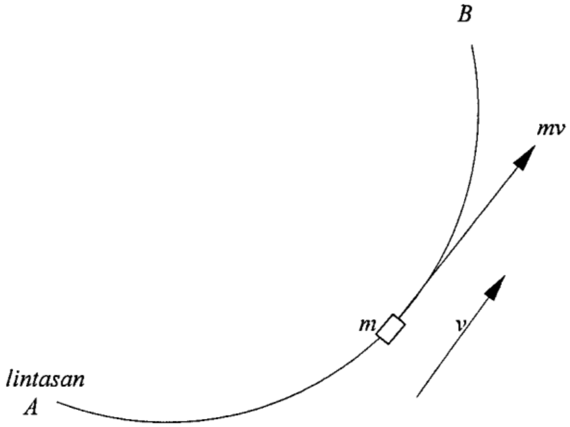
Dimana besaran mv disebut linier momentum, yang diberikan notasi L, atau dapat dituliskan :

$$\text{L} = \text{m . v} \qquad \text{........................} \qquad (5.2)$$

Sehingga persamaan 5.1 menjadi :

$$\left| F = \frac{d}{dt}.L = i \right| \qquad \text{........................} \qquad (5.3)$$

Persamaan 5.3 menyatakan, bahwa besarnya gaya yang bekerja pada partikel, sama dengan differensial terhadap waktu dari linier momentum partikel tersebut. Dimana linier momentum merupakan besaran vektor, sedangkan arahnya sama dengan arah kecepatan partikel yang bersangkutan.



Gambar 5.1. Gerak Partikel Pada Lintasan AB

5.1. PRINSIP IMPULS DAN MOMENTUM

Dari persamaan 5.1, dapat dituliskan :

$$F.dt = d(m.v) \quad \text{..........} \quad (5.4)$$

Dimana

$F.dt$ = dikatakan sebagai impuls oleh gaya F.

Sedangkan bila pada sistem dianggap tidak ada gaya yang bekerja, maka berlaku :

$$\int_{t1}^{t2} F.dt = 0 \quad \text{..........} \quad (5.5)$$

dan persamaan 5.5 berubah menjadi :

$$|m.v_1 = m.v_2| \quad \text{..........} \quad (5.6)$$

Persamaan 5.6 menunjukkan keadaan, dimana linier momentum saat t_1 sama dengan linier momentum saat t_2.

Jadi apabila tidak ada gaya yang bekerja pada partikel, berlaku keadaan dimana linier momentum partikel tersebut tetap. Prinsip ini dikenal sebagai Prinsip Kekekalan Momentum.

5.2. ANGULAR MOMENTUM

Pada Gambar 5.2. di bawah menunjukkan suatu partikel massa yang bergerak menurut lintasan *CD*. Misalnya pada saat sisinya ditunjukkan oleh vektor posisi *x* dan *y*, kecepatan partikel adalah :

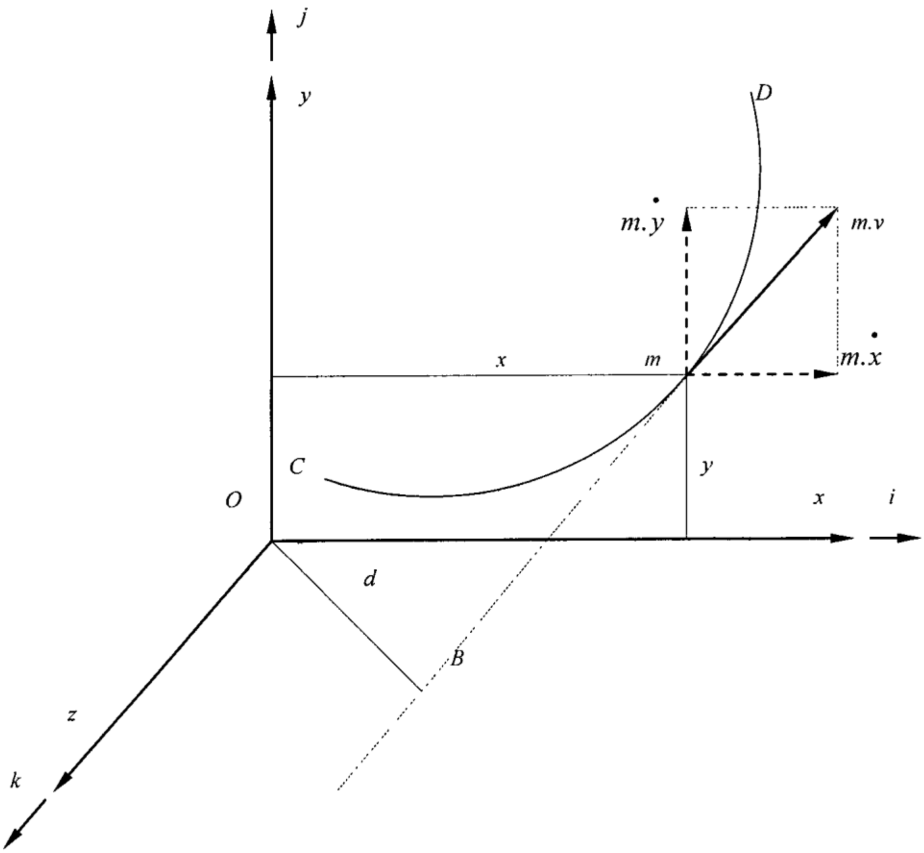
$$v = \dot{x} + \dot{y}$$

Sedangkan vektor momentum partikel adalah :

$$m.v = m.\dot{x} + m.\dot{y}$$

Angular momentum dari partikel terhadap pusat sumbu *O*, didefinisikan sebagai perkalian dari vektor jarak *(d = OB)* dengan vektor momentum *m.v*.

$$Ho = d \times mv \quad \text{...} \quad (5.7)$$



Gambar 5.2. Gerak Partikel Menurut Lintasan CD

Dan bila persamaan 5.7 ditulis menurut komponen x dan y, persamaan tersebut menjadi :

$$Ho = x \times m.\dot{y} + y \times m.\dot{x} \quad \text{......} \quad (5.8)$$

Dimana :

Ho = angular momentum partikel terhadap pusat O.

Apabila persamaan 5.8 dideferensialkan terhadap waktu, maka persamaan tersebut menjadi :

$$\dot{Ho} = \dot{x} \times m.\dot{y} + x \times m.\ddot{y} + \dot{y} \times m.\dot{x} + y \times m.\ddot{x}$$

$$= x \times m.\ddot{y} + y \times m\ddot{x} + m\left(\dot{x} \times \dot{y} + \dot{y} \times \dot{x}\right)$$

$$= x \times m.\ddot{y} + y \times m\ddot{x} + m\left(\dot{x} \times \dot{y} - \dot{x} \times \dot{y}\right)$$

$$= x \times m.\ddot{y} + y \times m\ddot{x}$$

Dengan mengingat bahwa :

$Fx = m.\ddot{x}$ = gaya ke arah x.

$Fy = m.\ddot{y}$ = gaya ke arah y.

Maka berlaku :

$$\dot{Ho} = x \times Fy + y \times Fx$$

Dengan diketahui bahwa : $x \times Fy + y \times Fx = Mo$ = momen oleh gaya yang bekerja terhadap pusat O, maka :

$$\dot{Ho} = Mo \quad \text{......} \quad (5.9)$$

Dan sekarang persamaan 5.9 dapat ditulis menjadi :

$$\frac{d.Ho}{dt} = Mo$$

$$d.Ho = Mo.dt$$

Bila persamaan di atas diintegralkan dari waktu t_1 sampai dengan t_2 , maka persamaan dapat ditulis menjadi :

$$\int_{(Ho)_1}^{(Ho)_2} d.(Ho) = \int_{t1}^{t2} Mo.dt$$

$$(Ho)_2 - (Ho)_1 = \int_{t1}^{t2} Mo.dt$$

$$(Ho)_1 + \int_{t1}^{t2} Mo.dt = (Ho)_2 \quad \text{...} \quad \textbf{(5.10)}$$

Dimana :

$(Ho)_1$ = angular momentum saat t_1.

$(Ho)_2$ = angular momentum saat t_2.

Bila total momen terhadap pusat O, $Mo = 0$, maka berlaku :

$(Ho)_1 = (Ho)_2 =$ tetap .... ***(5.11)***

5.3. GERAK IMPULSIVE

Dalam beberapa hal (problema), suatu gaya yang sangat besar, bekerja pada suatu benda dalam waktu yang sangat singkat, sehingga menyebabkan perubahan gerakan yang besar kepada benda tersebut.

Gaya besar di atas dinamakan *impulsive force* dan gerakan yang dihasilkan disebut *impulsive motion*.

Biasanya besar *impulsive force* tersebut tidak konstan, tetapi merupakan fungsi waktu, yang sulit untuk ditentukan, sehingga dalam perhitungan kita ambil harga rata – ratanya.

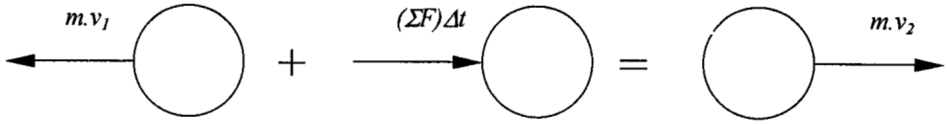
Dari persamaan 5.5, dapat dituliskan :

$m.v_1 + (\Sigma F)\ \Delta t = m.v_2$ .... ***(5.12)***

Dimana :

F = gaya rata – rata yang bekerja selama waktu t.

Contoh kejadian di atas adalah sebuah bola tenis yang dipukul oleh raket, dengan penjelasan seperti pada Gambar 5.3 di bawah.



Gambar 5.3. Penjelasan Contoh Kejadian

Persamaan untuk Gambar 5.3 di atas adalah :

$$-\ m.v_1 + (\Sigma F)\ \Delta t = m.v_2 \qquad \text{...} \qquad (5.13)$$

Dimana :

ΣF = gaya rata – rata oleh raket kepada bola tenis selama waktu yang singkat Δt.

5.4. IMPACT ATAU TUMBUKAN

Definisi dari *impact* adalah benturan antara dua benda yang terjadi dalam waktu yang sangat singkat dan dengan gaya yang besar sekali. Sedangkan *Line of Impact* adalah garis yang tegak lurus permukaan tumbukan.

Impact atau tumbukan dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

- *Central Impact,*

  adalah tumbukan yang terjadi, bila kedua pusat massa dari body yang bertumbukan terletak pada *line of impact.*

- *Eccentric Impact,*

  adalah tumbukan yang terjadi selama kondisi di atas.

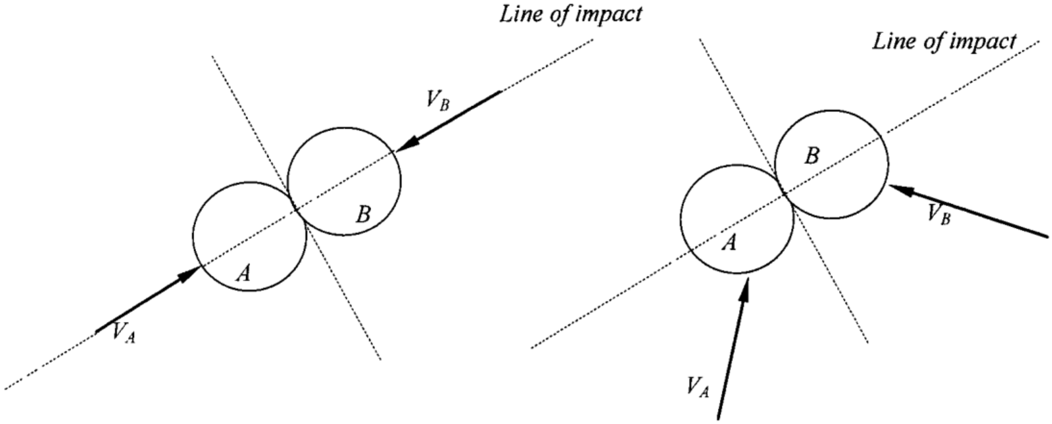
Sedangkan *Central Impact* dibedakan menjadi ;

- *Direct Central Impact,*

  yaitu central impact, dimana vektor kecepatan kedua benda yang bertumbukan terletak pada *line of impact.*

- *Oblique Central Impact*

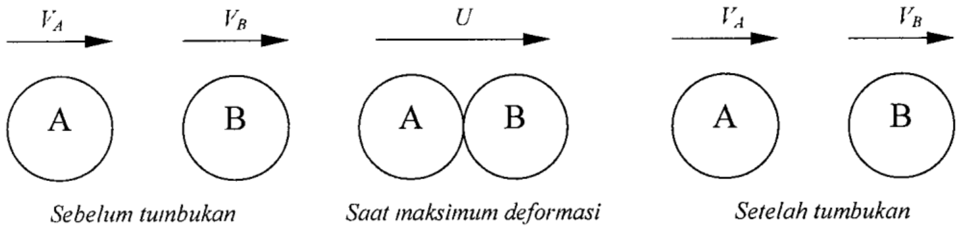
  yaitu *central impact,* dimana vektor kecepatan kedua benda yang bertumbukan tidak terletak pada *line of impact.*



Gambar 5.4. Direct Central Impact dan Oblique Central Impact

5.4.1. Direct Central Impact

Dua buah partikel A dan B mempunyai kecepatan V_A dan V_B, sebelum bertumbukan, menjadi V_A' dan V_B', setelah bertumbukan, seperti terlihat pada Gambar 5.5. di bawah. Dimana dalam hal ini berlaku $V_A > V_B$.



Gambar 5.5.Penjelasan Direct Central Impact

Akibat tumbukan benda A dan benda B, maka akan mengalami deformasi. Pada saat deformasi maksimum, kecepatan A dan kecepatan B adalah sama, yaitu U. Setelah deformasi maksimum benda A dan benda B mulai akan kembali ke bentuk semula dan akan lepas kontaknya. Pada perioda ini disebut perioda restitusi.

Pada masalah ini ada dua yang akan dicari, yaitu V_A' dan V_B', maka diperlukan dua persamaan untuk mencarinya.

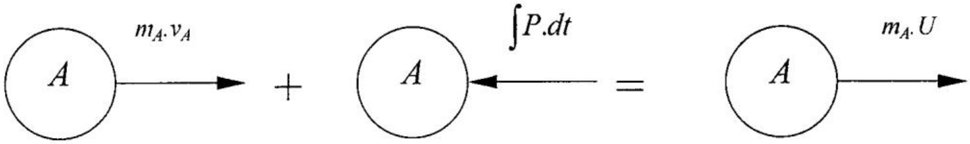
Apabila benda A dan benda B kita pandang sebagai suatu sistem, maka tidak ada impuls oleh gaya luar, sehingga berlaku prinsip kekekalan momentum.

$$m_A.v_A + m_B.v_B = m_A.v_A' + m_B.v_B' \quad \text{......} \quad \textbf{(5.14)}$$

Karena V_A, V_B, $V_A{}'$ dan $V_B{}'$ mempunyai arah yang sama, maka persamaan 5.14, di atas dapat dihitung secara skalar. Pada problema di atas arah ke kanan bertanda positif dan ke kiri bertanda negatif.

Untuk mendapatkan persamaan yang kedua, kita perhatikan benda A maupun benda B pada perioda deformasi maupun perioda restitusi. Dimana perioda deformasi adalah perioda mulai dari pertama kali kedua benda kontak sampai mencapai deformasi maksimum, sedangkan perioda restitusi adalah perioda mulai dari saat deformasi maksimum sampai kontak antara kedua benda lepas.

Pada perioda deformasi untuk benda A, berlaku :



Gambar 5.6. Perioda Deformasi Untuk Benda A

Dimana :

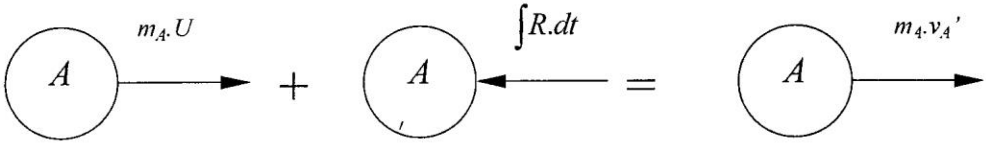
$P.dt$ = gaya oleh benda B pada benda A

Prinsip impuls dan momentum untuk kasus ini, adalah :

$$m._A.v_A - \int P.dt = m_A.U$$

$$\int P.dt = m_A.v_A - m_A.U$$

Pada perioda restitusi untuk benda A, berlaku :



Gambar 5.7. Perioda Restitusi Untuk Benda A

Dimana :

$R.dt$ = gaya oleh benda B pada benda A

Prinsip impuls dan momentum untuk kasus ini, adalah :

$$m_A.U - \int R.dt = m_A.v_A'$$

$$\int R.dt = m_A.U - m_A.v_A'$$

Dimana harga $\int R.dt$ lebih kecil daripada $\int P.dt$, sedang koefisien restitusi *(e)* adalah perbandingan impuls gaya selama perioda restitusi dengan impuls gaya selama perioda deformasi. Jadi koefisien restitusi *(e)* adalah :

$$e = \frac{\int R.dt}{\int P.dt} = \frac{U - v_A'}{v_A - U} \quad \text{...} \quad \textbf{\textit{(5.15a)}}$$

Dengan analisa yang sama terhadap benda *B*, maka diperoleh persamaan koefisien restitusi *(e)* sebagai berikut :

$$e = \frac{v_B' - U}{U - v_B} \quad \text{...} \quad \textbf{\textit{(5.15b)}}$$

Dari persamaan 5.15.a dan persamaan 5.15.b., dapat dihitung harga dari koefisien restitusi *(e)*, sebagai berikut :

$$e = \frac{v_B' - v_A'}{v_A - v_B} \quad \text{atau}$$

$$v_B' - v_A' = e\,(v_A - v_B) \quad \text{...} \quad \textbf{\textit{(5.16)}}$$

Dengan menggunakan persamaan 5.15 dan persamaan 5.16, maka harga v_A' dan v_B' dapat dihitung.

Dan berdasarkan harga koefisien restitusi *(e)*, kita dapat membedakan dua macam kondisi tumbukan yang ekstrem (khusus), yaitu :

1. Tumbukan plastis sempurna (untuk $e = 0$)

   Pada kondisi ini berlaku $v_B' = v_A' = v'$, sehingga persamaan 5.14, berubah menjadi :

   $$m_A.v_A + m_B.v_B = (m_A + m_B)\,v' \quad \text{...} \quad \textbf{\textit{(5.17)}}$$

   Dimana kedua benda memiliki kecepatan yang sama setelah tumbukan.

2. Tumbukan elastis sempurna (untuk $e = 1$)

   Pada kondisi ini berlaku $v_B' - v_A' = v_A - v_B$, Untuk kondisi tumbukan elastis sempurna, dapat ditunjukkan bahwa energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan adalah tetap, sehingga persamaan 5.14, berubah menjadi :

$$m_A.(v_A - v_A') = m_B\ (v_B' - v_B)$$

$$v_A + v_A' = v_B' + v_B$$

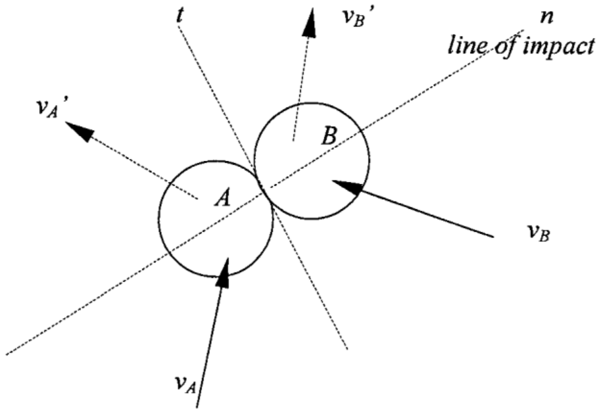
bila kedua persamaan tersebut dikalikan , maka dapat diperoleh :

$$m_A.v_A^2 - m_A.\ v_A'^2 = m_B.v_B'^2 - m_B.\ v_B^2$$

$$½.m_A.v_A^2 + ½.m_B.\ v_B^2 = ½\ m_A.v_A'^2 - ½.m_B.v_B'^2 \ \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5.18)$$

5.4.2. Oblique Central Impact (Tumbukan Miring)

Untuk tumbukan miring ini, gerakan benda kita bedakan pada arah normal yang searah dengan *line of impact* dan arah tangensial yang tegak lurus arah normal seperti terlihat pada Gambar 5.8, sebagai berikut :



Gambar 5.8. Oblique Central Impact

Dimana dalam kasus ini terdapat empat komponen yang tidak diketahui, antara lain :

- Harga $(v_A')_t$
- Arah $(v_A')_n$
- Harga $(v_B')_t$
- Harga $(v_B')_n$

Sehingga diperlukan empat persamaan untuk menyelesaikannya. Keempat persamaan tersebut akan kita tentukan dengan memperhatikan gerakan *partikel A* dan *partikel B* ke arah tangensial *(t)* dan ke arah normal *(n)*.

Pada gerakan arah tangensial *(t)* :

Dengan menganggap tidak ada gesekan pada permukaan tumbukan, berarti tidak ada gaya ke arah tangensial, baik pada *partikel A* maupun *partikel B*. Untuk kondisi ini berlaku prinsip kekekalan momentum pada *partikel A* maupun pada *partikel B*. Sehingga berlaku persamaan :

$$m_A.[v_A]_t = m_A.[v_A']_t \rightarrow [v_A]_t = [v_A']_t \quad \text{......} \quad (5.19)$$

$$m_B.[v_B]_t = m_B.[v_B']_t \rightarrow [v_B]_t = [v_B']_t \quad \text{......} \quad (5.20)$$

Pada gerakan arah normal *(n)* :

Dengan memandang *partikel A* dan *partikel B*, sebagai suatu sistem, berlaku prinsip kekekalan momentum, sebagai berikut :

$$m_A.[v_A]_n + m_B.[v_B]_n = m_A.[v_A']_n + m_B.[v_B']_n \quad \text{......} \quad (5.21)$$

Dengan memperhatikan harga koefisien restitusi *(e)*, maka berlaku persamaan sebagai berikut :

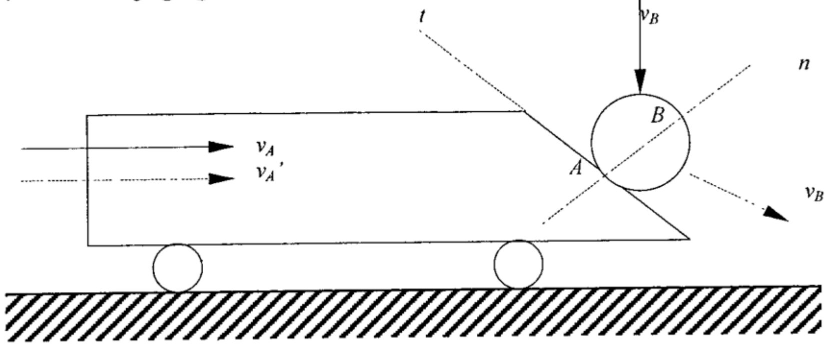
$$[v_B']_n - [v_A']_n = e.\ \{[v_A]_n - [v_B]_n\} \quad \text{......} \quad (5.22)$$

Dari persamaan 5.19, persamaan 5.20, persamaan 5.21 dan persamaan 5.22, dapat diperoleh harga dari : $[v_A']_t$, $[v_A']_n$, $[v_B']_t$ *dan* $[v_B']_n$

5.4.3. Impact Pada Gerakan Konstrain

Pada bahasan berikut akan dipelajari masalah tumbukan dari benda yang mempunyai gerakan konstrain. Pada Gambar 5. 9., terlihat *blok A* mempunyai gerakan konstrain ke arah horizontal *(x),* sedangkan *partikel B* bergerak bebas.

Dalam kasus ini gesekan antara *blok A* dan *partikel B*, pada permukaan kontak diabaikan, demikian juga gesekan antara *blok A* dan permukaan horizontal diabaikan.

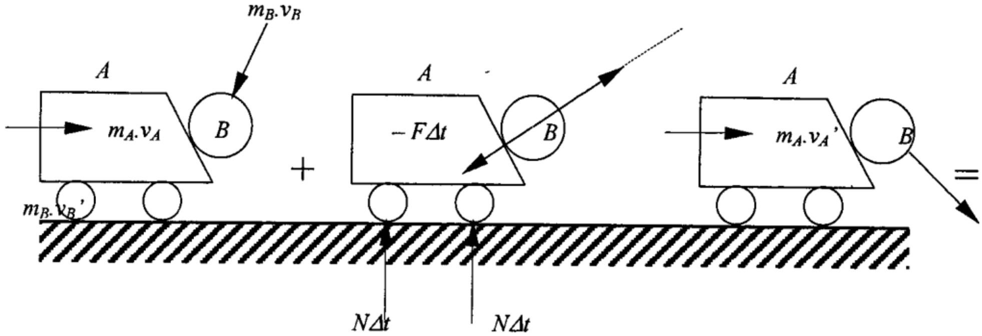


Gambar 5.9. Tumbukan Benda Yang Mempunyai Gerakan Konstrain

Dimana :

v_A dan v_A' = *kecepatan A* sebelum dan sesudah tumbukan

v_B dan v_B' = *kecepatan B* sebelum dan sesudah tumbukan



Gambar 5.10. Contoh Kasus Tumbukan Benda Yang Mempunyai Gerakan Konstrain

Pada problem ini terdapat tiga komponen yang tidak diketahui, yaitu : v_A', $[v_B']_t$ dan $[v_B']_n$.

Karena tidak ada gaya gesek pada permukaan kontak antara *blok A* dan *partikel B*, maka untuk *partikel B*, berlaku :

$$m_{B'}(v_B)_t = m_{B'}(v_B')_t$$

$$(v_B)_t = (v_B')_t$$

Dengan memperhatikan *blok A* dan *partikel B* sebagai suatu sistem tidak ada gaya ke arah horizontal yang bekerja, maka berlaku prinsip kekekalan momentum ke arah horizontal.

$$m_A \cdot v_A + m_{B'}(v_B)_x = m_A \cdot v_A' + m_{B'}(v_B')_x \quad \text{......................................}(5.23)$$

Kemudian dengan melibatkan harga koefisien restitusi *(e)*, dapat diperoleh hubungan sebagai berikut :

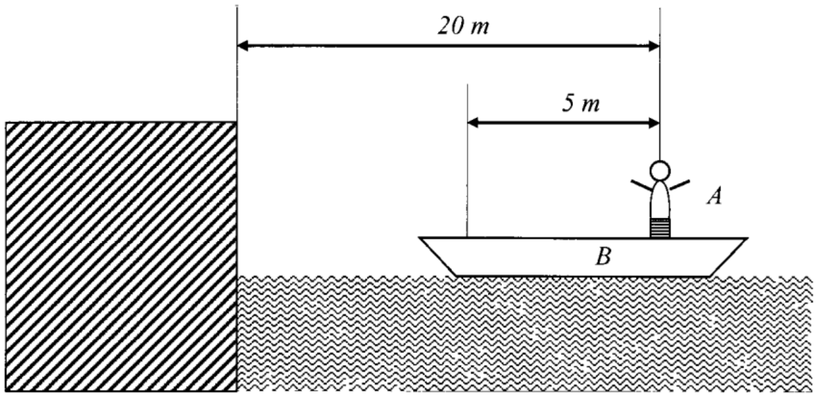
$$[v_B']_n - [v_A']_n = e\,\{[v_A]_n - [v_B]_n\} \quad \text{......................................}(5.24)$$

Dengan menggunakan ketiga persamaan di atas, harga v_A', $[v_B']_t$ dan $[v_B']_n$ dapat dihitung.

5.5. SOAL – SOAL LATIHAN

1. Sebuah *lokomotif A* dengan *massa 60 ton*, bergerak mundur dengan *kecepatan 10 km/jam*, ketika membentur sebuah *gerbong B* dengan *massa 10 ton*. Setelah berhubungan, tentukan kecepatan gerbong bersama – sama dengan lokomotif tersebut. Abaikan tumbukan dan semua gesekan.

2. Seorang manusia *(A)* dengan *massa 160 lb*, mula – mula diam dia atas sebuah perahu *(B)* dengan *massa 200 lb*, yang juga diam, seperti terlihat pada Gambar 5.11 di bawah. Jarak manusia dengan tepi pantai adalah *15 ft*. Kemudian manusia tersebut berjalan sejauh *8 ft* di atas perahu mendekati pantai. Tentukan jarak manusia sekarang dengan tepi. Abaikan pengaruh gelombang di laut (air).

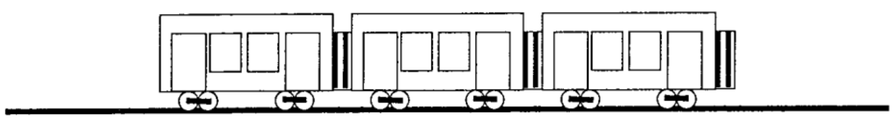


Gambar 5.24. Soal Latihan No. 15

3. Gerbong *A, B dan C* yang di kopel, seperti terlihat pada Gambar 5.12 di bawah, mempunyai *kecepatan* $v = 60$ *km/jam*, ketika *gerbong A* dan *gerbong B* direm, sehingga roda – rodanya slip. Koefisien gesek antara roda – roda gerbong dengan rel adalah $k = 0,3$. Bila diketahui massa *gerbong A*, $m_A = 30$ *ton*, *gerbong B*, $m_B = 40$ *ton* dan *gerbong C*, $m_C = 30$ *ton*, hitunglah :

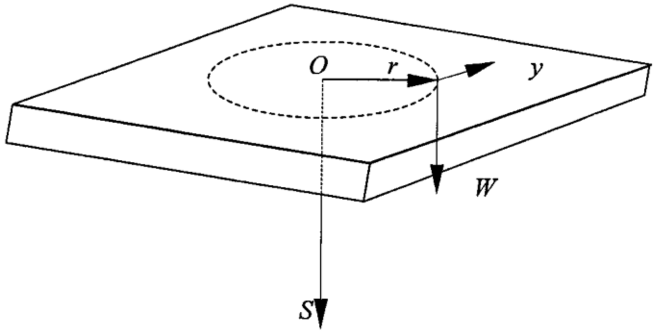
   a. Waktu yang diperlukan, sehingga gerbong – gerbong tersebut berhenti.

   b. Gaya tekan antara gerbong - gerbong.



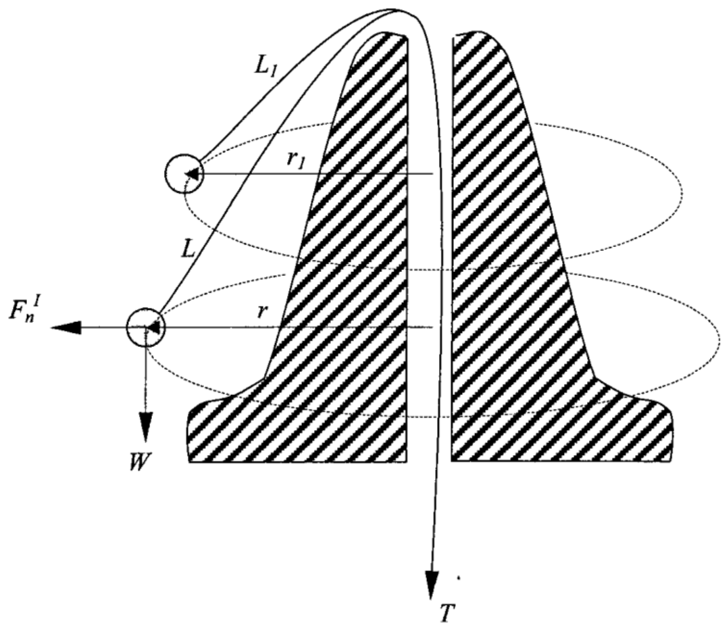
Gambar 5.12. Soal Latihan No. 3

4. Suatu bola kecil berputar di atas bidang horizontal yang licin sempurna, dengan jari – jari lintasan *(r)* dan kecepatan *(v)*, seperti terlihat pada Gambar 5.13 di bawah. Bila sekarang jari – jari lintasan diperpendek sehingga menjadi ½ *r*, dengan jalan menarik tali di bawah meja, tentukan kecepatan bola pada keadaan terakhir ini.



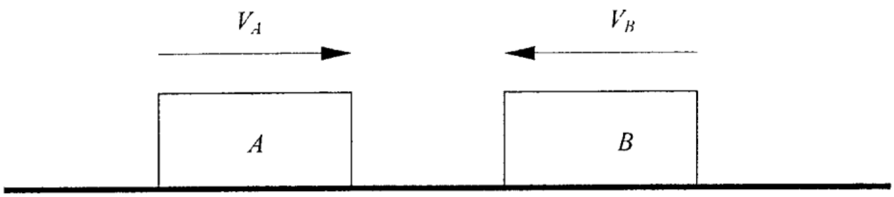
Gambar 5.13. Soal Latihan No. 4

5. Suatu conical pendulum dengan panjang $gl = 20\ in$, dan berat W, serta kecepatan konstan v, pada bidang horizontal. Radius lintasan adalah $r = 10\ in$, seperti terlihat pada Gambar 5.14 di bawah. Berapa *in.* tali pendulum harus ditarik, agar kecepatan menjadi dua kali lipat.



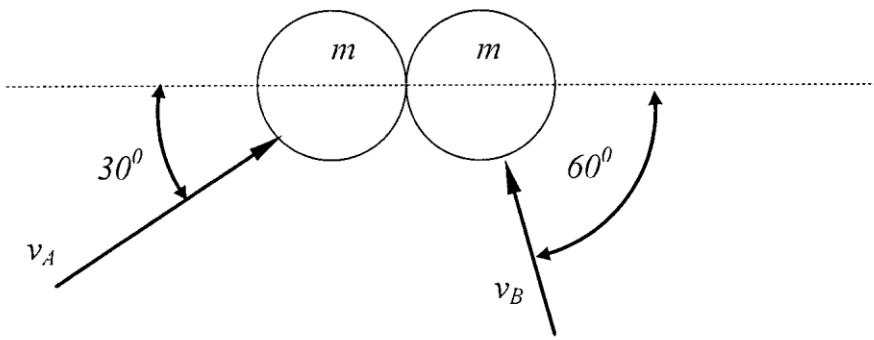
Gambar 5.14. Soal Latihan No. 5

6. *Blok A* dengan massa $m_A = 0{,}6\ kg$ dan *blok B* dengan massa $m_B = 0{,}9\ kg$. Masing masing blok memiliki kecepatan $v_A = 4\ m/det$, $v_B = 2\ m/det$. Ketika bertumbukan, diketahui kecepatan *blok B* setelah bertumbukan adalah sebesar $v_B' = 2{,}5\ m/det$ ke arah kanan. Hitung koefisien restitusi antara kedua blok tersebut, dengan mengabaikan semua gesekan.



Gambar 5.15. Soal Latihan No. 6

7. Dua buah *bola A* dan *B*, memiliki massa yang sama serta kecepatan masing – masing bola adalah v_A = *30 ft/det* dan v_B = *40 ft/det*, dengan arah seperti terlihat pada Gambar 5.16 di bawah. Ketika bertumbukan koefisien restitusi antara kedua bola tersebut adalah $e = 0,9$. Dengan mengabaikan semua gesekan, tentukan kecepatan bola – bola tersebut ke arah x.

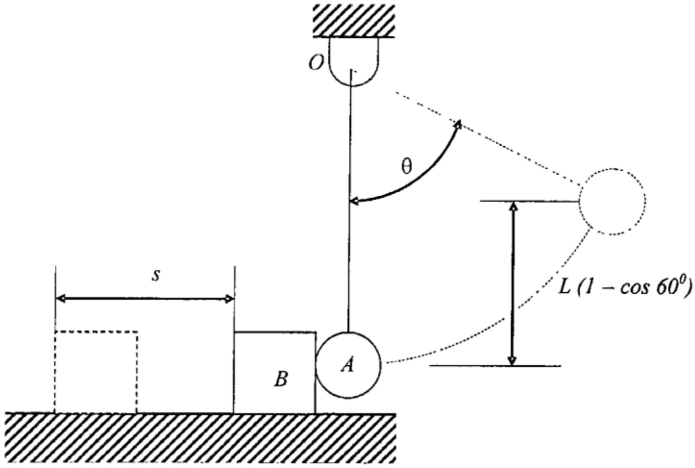


Gambar 5.16. Soal Latihan No. 7

8. *Bola A* memiliki massa m_A = *2 kg*, mula – mula diam pada *posisi q* = *60⁰*, kemudian berayun dan memukul *blok B*, dengan massa m_B = *2,5 kg*, yang dalam keadaan diam, seperti terlihat pada Gambar 5.17 di bawah. Diketahui bahwa kecepatan *bola A* sama dengan nol, setelah menumbuk *blok B*, dan *blok B* dapat sliding di atas permukaan bidang datar sejauh $s = 1,5\ m$. Hitung :

   a. Koefisien restitusi antara *blok B* dan *bola A*.

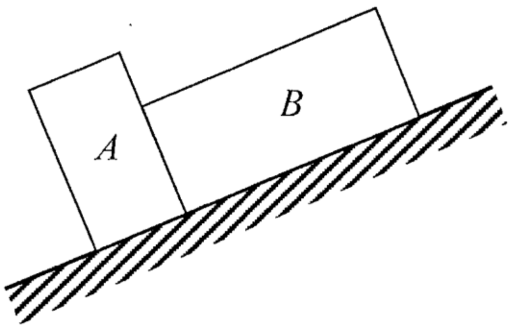
   Koefisien gesek kinetik antara *blok B* dan permukaan bidang datar.



Gambar 5.17. Soal Latihan No. 8

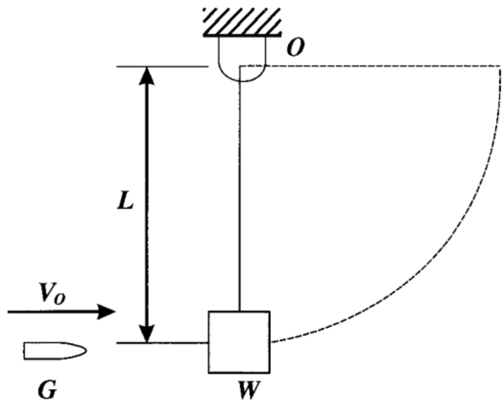
9. *Paket A* memiliki massa $m_A = 8\ kg$, dan *paket B* memiliki massa $m_B = 12\ kg$, mula – mula diam dalam keadaan kontak di atas bidang miring seperti terlihat pada Gambar 5.18 di bawah. Koefisien gesek antara *paket A* dan bidang miring adalah $\mu_s = 0{,}25$ dan $\mu_k = 0{,}20$, sedang antara *paket B* dan bidang miring adalah $\mu_s = 0{,}15$ dan $\mu_k = 0{,}12$. Hitung :

   a. Kecepatan paket – paket setelah waktu *3 detik.*
   b. Gaya tekan antara paket – paket.



Gambar 5.18. Soal Latihan No. 9

10. Sebuah peluru ditembakkan, mengenaik sebuah bandul dengan kecepatan v_0 dengan arah horizontal. Peluru tersebut kemudian bersarang dalam bandul tersebut, sehingga mencapai putaran 90^0. Abaikan massa tali. Bila massa peluru $G = 30\ gram$, massa bandul $W = 5\ kg$, panjang tali $L = 100\ cm$, hitung v_0.

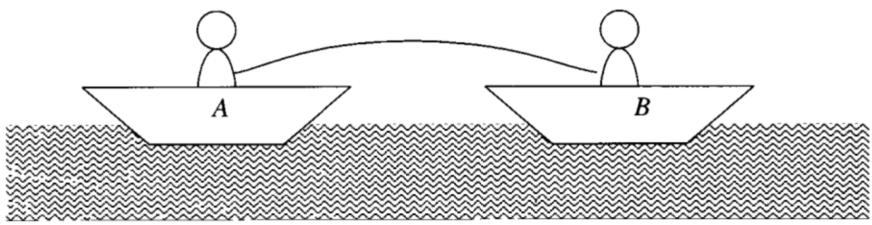


Gambar 5.19. Soal Latihan No. 10

11 . *Perahu A* dan *perahu B* yang dihubungkan dengan tali yang dipegang manusia, seperti terlihat pada Gambar 5.20 di bawah, mula – mula diam. Abaikan massa tali dan pengaruh air. Massa *perahu A* dan *perahu B*, beserta manusianya, masing – masing $m_A = 150\ kg$ dan $m_B = 200\ kg$. Kemudian kedua manusia di atas saling menarik tali.

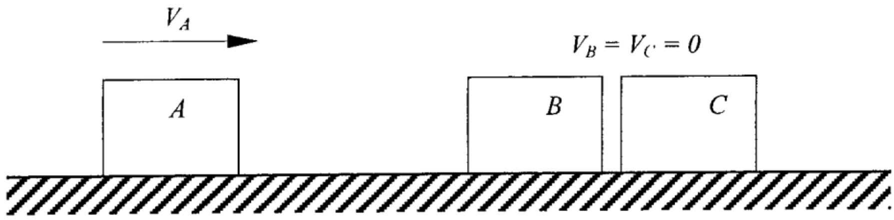
a. Pada saat kecepatan *perahu A* $= 4\ m/det$, hitung kecepatan *perahu B*.

b. Bila *perahu A* mencapai kecepatan *4 m/det* tersebut setelah *3 detik*, hitung gaya tegangan tali.



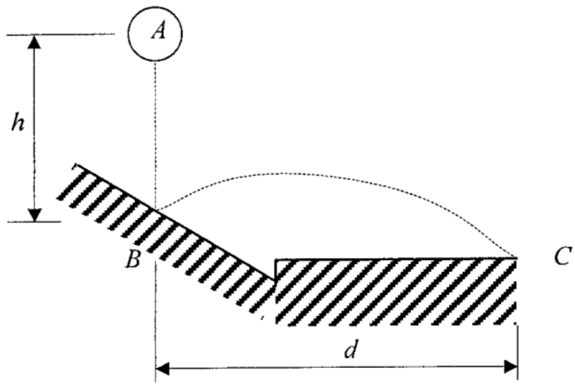
Gambar 5.20. Soal Latihan No. 11

12. *Blok A, B* dan *C* yang massanya sama, yaitu *m*, berada di atas bidang datar yang licin sempurna, seperti terlihat pada Gambar 5.21 di bawah. *Blok B* dan *C* mula – mula diam, ketika *blok A* menumbuk *blok B* dengan kecepatan $v_A = 1,6\ m/det$. Kemudian *blok B* akan menumbuk *blok C*. Diketahui koefisien restitusi antara *blok A* dan *blok B*, dan antara *blok B* dan *blok C* sama, yaitu $e = 0,70$. Hitung kecepatan masing – masing blok setelah tumbukan berantai ini terjadi.



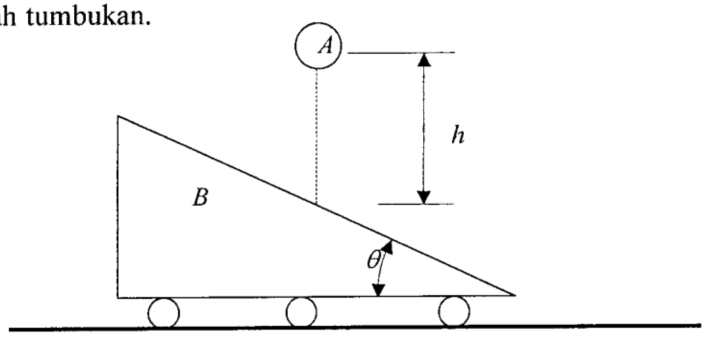
Gambar 5.21. Soal Latihan No. 12

13. Bola kecil A jatuh bebas dari ketinggian h, di alas plat licin tanpa gesekan di B, kemudian dipantulkan sehingga jatuh. Ketinggian B dan C adalah sama. Bila diketahui $\theta = 20^0$ dan koefisien restitusi antara plat dan bola adalah $e = 0,40$, tentukan jarak d.



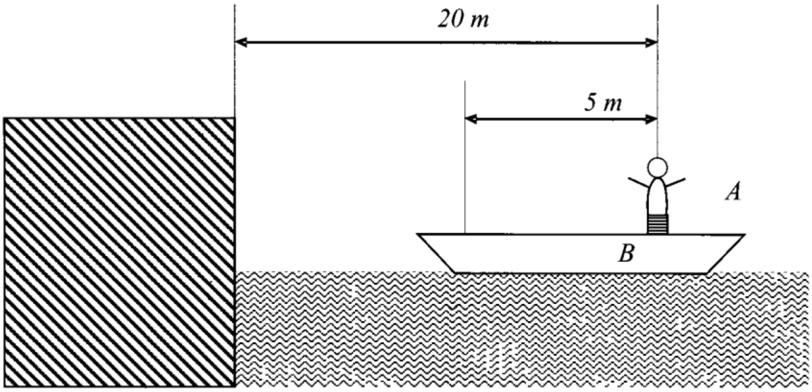
Gambar 5.22. Soal Latihan No.13

14. *Bola A* dengan massa $m_A = 2\ kg$, jatuh dari keadaan diam pada ketinggian sebesar $h = 0,5\ m$, di atas *blok B* yang permukaannya licin sempurna, seperti terlihat pada Gambar 5.23 di bawah. Massa *blok B* adalah $m_B = 6\ kg$. *Blok B* mula – mula diam di atas permukaan datar tanpa gesekan. Bila diketahui $\theta = 30^0$ dan koefisien restitusi antara *bola A* dan *blok B* adalah $e = 0,80$, Hitung kecepatan *bola A* dan *blok B* sesaat setelah tumbukan.



Gambar 5.23. Soal Latihan No. 14

15. Seorang manusia *(A)* dengan *massa 75 kg*, mula – mula diam dia atas sebuah perahu *(B)* dengan *massa 200 kg*, yang juga diam (lihat Gambar 5.24 di bawah). Jarak manusia dengan tepi pantai adalah *20 m*. Kemudian manusia tersebut berjalan sejauh *5 m* di atas perahu mendekati pantai. Tentukan jarak manusia sekarang dengan tepi. Abaikan pengaruh gelombang di laut (air).

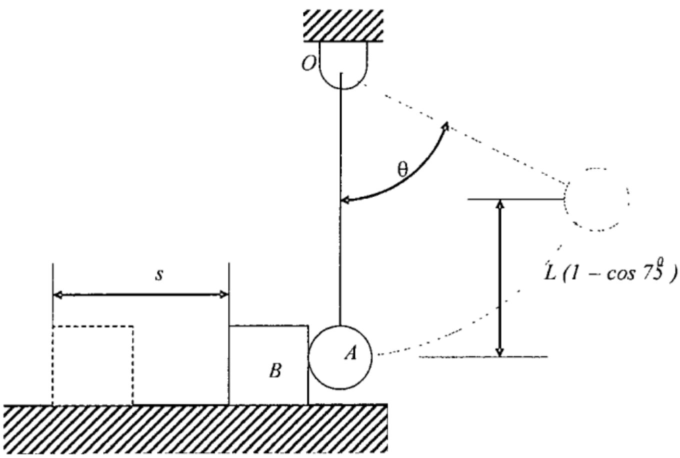


Gambar 5.24. Soal Latihan No. 15

16. *Bola A* memiliki massa $m_A = 2{,}5\ kg$, mula – mula diam pada *posisi* $\theta = 75^0$, kemudian berayun dan memukul *blok B*, dengan massa $m_B = 5\ kg$, yang dalam keadaan diam (lihat Gambar 5.25 di bawah). Diketahui bahwa kecepatan *bola A* sama dengan nol, setelah menumbuk *blok B*, dan *blok B* dapat sliding di atas permukaan bidang datar sejauh $s = 2{,}5\ m$. Hitung :

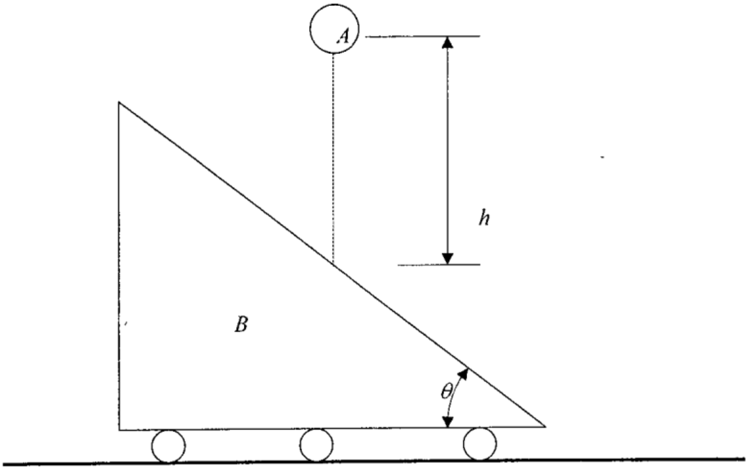
a. Koefisien restitusi antara *blok B* dan *bola A*.

b. Koefisien gesek kinetik antara *blok B* dan permukaan bidang datar.



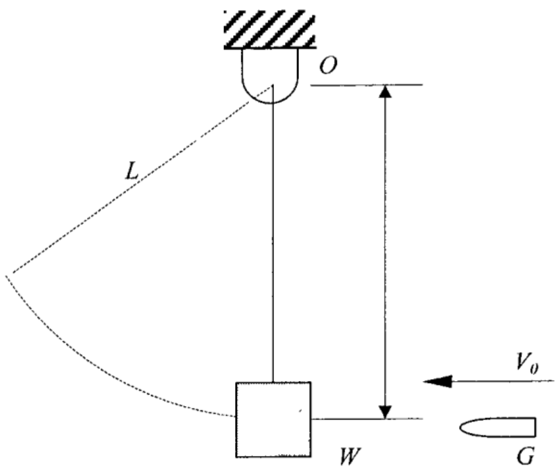
Gambar 5.25. Soal Latihan No. 16

17. *Bola A* dengan massa $m_A = 5\ kg$, jatuh dari keadaan diam pada ketinggian sebesar $h = 2,5\ m$, di atas *blok B* yang permukaannya licin sempurna, seperti terlihat pada Gambar 5.26 di bawah. Massa *blok B* adalah $m_B = 10\ kg$. *Blok B* mula – mula diam di atas permukaan datar tanpa gesekan. Bila diketahui $\theta = 45^0$ dan koefisien restitusi antara *bola A* dan *blok B* adalah $e = 0,90$, Hitung kecepatan *bola A* dan *blok B* sesaat setelah tumbukan.



Gambar 5.26. Soal Latihan No. 17

18. Sebuah peluru ditembakkan, mengenai sebuah bandul dengan kecepatan v_0 dengan arah horizontal (lihat Gambar 5.27 di bawah). Peluru tersebut kemudian bersarang dalam bandul tersebut, sehingga mencapai putaran 60^0. Abaikan massa tali. Bila massa peluru $G = 35\ gram$, massa bandul $W = 25\ kg$, panjang tali $L = 150\ cm$, hitung v_o.



Gambar 5.27. Soal Latihan No. 18

Soal dan Jawaban Momentum Linier Partikel

Momentum linier (p) didefinisikan sebagai hasil kali massa partikel (m) dan kecepatannya (v), dengan rumus $p = mv$.

Soal 1

Sebuah mobil mainan bermassa 0,5 kg bergerak dengan kecepatan 4 m/s ke arah timur. Berapakah besar momentum mobil mainan tersebut?

Jawaban:

- **Diketahui:**
  - Massa (m) = 0,5 kg
  - Kecepatan (v) = 4 m/s
- **Ditanya:** Momentum (p)?
- **Penyelesaian:**
  $p = m \times v$
  $p = 0,5 \text{ kg} \times 4 \text{ m/s}$
  $p = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- **Hasil:** Besar momentum mobil mainan tersebut adalah **2 kg·m/s** ke arah timur.

Soal 2

Dua benda A dan B bergerak berlawanan arah. Benda A (massa 2 kg) bergerak ke kanan dengan kecepatan 10 m/s, dan benda B (massa 1 kg) bergerak ke kiri dengan kecepatan 15 m/s. Hitunglah momentum total sistem dua benda tersebut!

Jawaban:

- **Diketahui:**
  - m_A = 2 kg
  - v_A = +10 m/s (ke kanan, diasumsikan positif)
  - m_B = 1 kg
  - v_B = -15 m/s (ke kiri, diasumsikan negatif)
- **Ditanya:** Momentum total (p_{total})?
- **Penyelesaian:**
  $p_{total} = p_A + p_B$
  $p_{total} = (m_A \times v_A) + (m_B \times v_B)$
  $p_{total} = (2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}) + (1 \text{ kg} \times (-15) \text{ m/s})$
  $p_{total} = 20 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
  $p_{total} = 5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- **Hasil:** Momentum total sistem tersebut adalah **5 kg·m/s** ke arah kanan.

Soal 3 (Hukum Kekekalan Momentum)

Sebuah peluru bermassa 10 gram ditembakkan ke dalam balok kayu bermassa 1 kg yang diam di atas permukaan licin. Peluru bersarang di dalam balok, dan keduanya bergerak bersama-sama setelah tumbukan. Jika kecepatan peluru saat menumbuk balok adalah 100 m/s, berapakah kecepatan balok dan peluru setelah tumbukan?

Jawaban:

- **Diketahui:**
  - m_{peluru} = 10 gram = 0,01 kg
  - v_{peluru} = 100 m/s
  - m_{balok} = 1 kg
  - v_{balok} = 0 m/s (diam)
- **Ditanya:** Kecepatan bersama setelah tumbukan (v')?
- **Penyelesaian (Hukum Kekekalan Momentum):**
  Momentum total sebelum tumbukan = Momentum total setelah tumbukan

$$p_{sebelum} = p_{sesudah}$$
$$(m_{peluru} \times v_{peluru}) + (m_{balok} \times v_{balok}) = (m_{peluru} + m_{balok}) \times v'$$
$$(0,01 \text{ kg} \times 100 \text{ m/s}) + (1 \text{ kg} \times 0 \text{ m/s}) = (0,01 \text{ kg} + 1 \text{ kg}) \times v'$$
$$(1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) + 0 = 1,01 \text{ kg} \times v'$$
$$v' = \frac{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{1,01 \text{ kg}}$$
$$v' \approx 0,99 \text{ m/s}$$

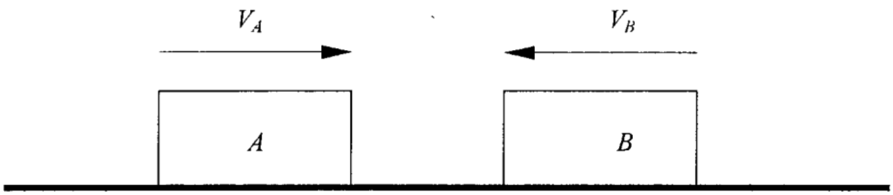
Soal 4

Suatu partikel bermassa 2 gram bergerak melingkar dengan jari-jari lintasan 2 cm dan kecepatan sudut 6 rad/s. Berapakah momentum sudut partikel tersebut terhadap pusat lingkarannya?

Jawaban:

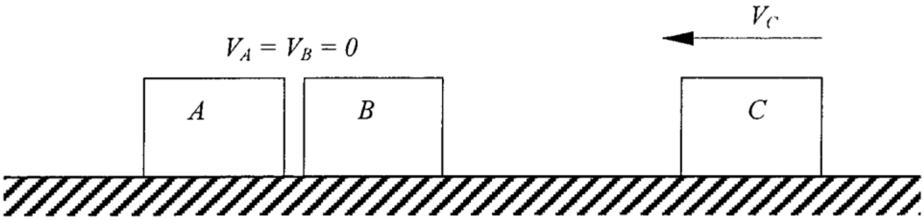
- **Diketahui:**
  - Massa (m) = 2 gram = 0,002 kg
  - Jari-jari (r) = 2 cm = 0,02 m
  - Kecepatan sudut (ω) = 6 rad/s
- **Ditanya:** Momentum sudut (L)?
- **Penyelesaian:**
  Pertama, hitung momen inersia partikel ($I = mr^2$):
  $I = 0,002 \text{ kg} \times (0,02 \text{ m})^2$
  $I = 0,002 \text{ kg} \times 0,0004 \text{ m}^2$
  $I = 8 \times 10^{-7} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$Kemudian, hitung momentum sudut ($L = I\omega$):
  $L = 8 \times 10^{-7} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \times 6 \text{ rad/s}$
  $L = 4,8 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2\text{/s}$

19. *Blok A* dengan massa $m_A = 1{,}5\ kg$ dan *blok B* dengan massa $m_B = 2{,}5\ kg$. Masing masing blok memiliki kecepatan $v_A = 5\ m/det$, $v_B = 12\ m/det$. Ketika bertumbukan, diketahui kecepatan *blok A* setelah bertumbukan adalah sebesar $v_A' = 3\ m/det$ ke arah kiri (lihat Gambar 5.28 di bawah). Hitung koefisien restitusi antara kedua blok tersebut, dengan mengabaikan semua gesekan.



Gambar 5.28. Soal Latihan No. 19

20. *Blok A, B* dan *C* yang massanya sama, yaitu m, berada di atas bidang datar yang licin sempurna. *Blok A* dan *B* mula – mula diam, ketika *blok C* menumbuk *blok B* dengan kecepatan $v_C = 2{,}5\ m/det$. Kemudian *blok B* akan menumbuk *blok A*, seperti terlihat pada Gambar 5.29 di bawah. Diketahui koefisien restitusi antara *blok A* dan *blok B*, dan antara *blok B* dan *blok C* sama, yaitu $e = 0{,}80$. Hitung kecepatan masing – masing blok setelah tumbukan berantai ini terjadi.



Gambar 5.29. Soal Latihan No. 20