



BAB III HIDROSTATIKA

Tujuan Pembelajaran Umum :

1. Mahasiswa mampu menerapkan prinsip-prinsip dasar ilmu mekanika rekayasa dalam pemecahan kasus-kasus hidrostatika.
2. Mahasiswa memahami cara menghitung gaya hidrostatis yang bekerja pada bangunan-bangunan keairan.

Tujuan Pembelajaran Khusus :

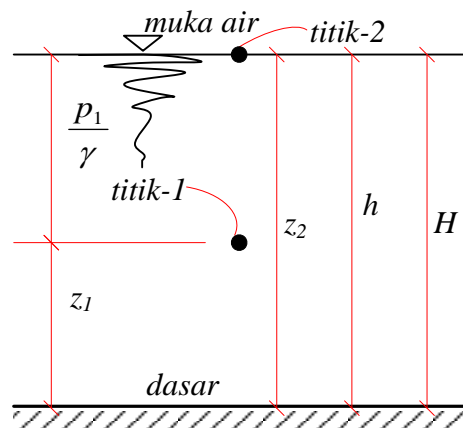
1. Mahasiswa mampu memahami konsep dasar hidrostatika pada kondisi bidang yang tercelup penuh maupun tercelup sebagian dalam air.
2. Mahasiswa mengetahui cara menghitung besar, letak titik tangkap, arah maupun momen dari gaya hidrostatis yang bekerja pada berbagai bentuk luasan dan sudut posisi bidang.

3.1 Tekanan Hidrostatis

Seperti telah diketahui dalam hidrostatika bahwa kecepatan air $V = 0$, jadi air dalam keadaan diam/tidak bergerak.

Sehingga tekanan hidrostatis pada suatu titik menurut **Hk. Bernoulli** menjadi :

$$\frac{p}{\gamma} + z = H \dots\dots\dots (3.1)$$



Untuk titik-2 di permukaan air (**Gambar 3.1**) :

$p = p_{atm} = 0$ (diabaikan), maka :

$z = h = H \rightarrow$ dimana :

$H =$ energi total = garis energi

$h =$ tinggi tekanan di titik 2 = garis tekanan

$z =$ posisi titik2 thd.datum = garis permukaan air

Berarti dalam hidrostatika :

garis energi = garis tekanan = garis permukaan air.

Tekanan hidrostatis di titik 2 yang berada di permukaan air, adalah :

$$p_2 = \gamma (h - z_2) = 0 \rightarrow \text{karena } h = z_2$$

Gambar 3.1 Tekanan hidrostatis pada suatu titik.

Untuk titik -1 berada di bawah permukaan air sedalam h_1 (lihat Gambar 3.1) :

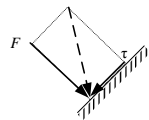
$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 = h$$

$$p_1 = \gamma (h - z_1) = \gamma \cdot h_1 \dots\dots\dots (3.2)$$

Tekanan ini disebut **tekanan hidrostatik**. Besarnya tekanan ini sama dengan berat air di atas titik tersebut, dan dinyatakan dengan satuan N/m^2 atau kN/m^2 .

Menurut hukum Pascal, besarnya tekanan air pada suatu titik dari semua arah adalah sama.

3.2 Arah Tekanan Hidrostatik Pada Bidang



Dalam hidrostatika tekanan air pada bidang selalu tegak lurus pada bidang tersebut, karena tidak adanya gaya geser (gaya tangensial) $\tau = \mu \, dv/dy = 0$, jadi hanya tinggal gaya normal yang tegak lurus bidang saja (**Gambar 3.2**).

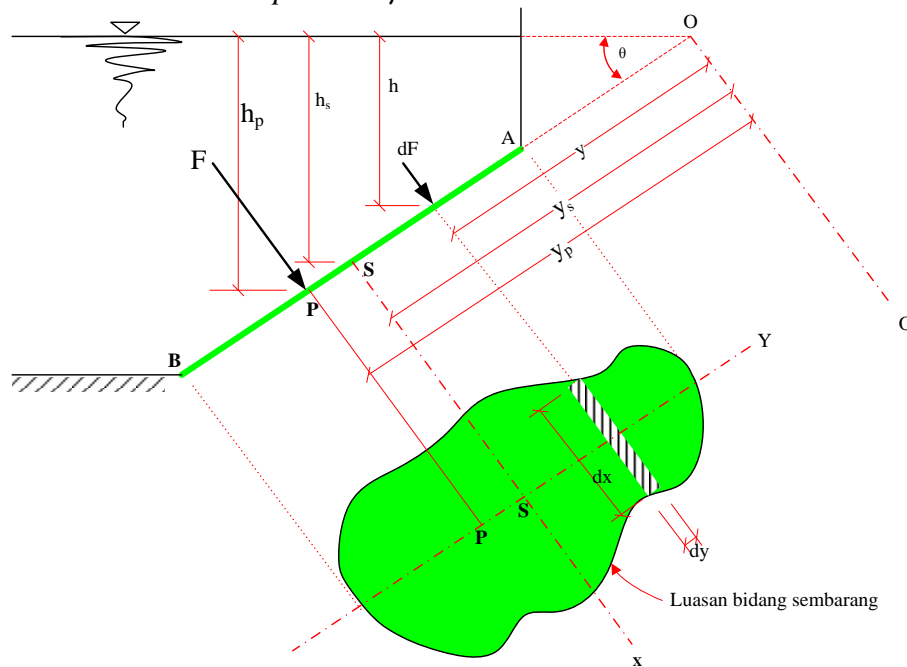
Gambar 3.2 Arah tekanan hidrostatik pada bidang.

3.3 Gaya Hidrostatik

Secara umum, gaya memiliki 3 atribut yaitu besar, letak titik tangkap, dan arah kerja.

Besarnya gaya hidrostatik F yang bekerja pada luasan bidang sembarang dan membentuk sudut θ terhadap permukaan air, seperti diperlihatkan pada **Gambar 3.3**. Tinjau gaya yang bekerja pada bagian bidang seluas strip dA sama dengan tekanan pada strip p dikalikan dengan luasan strip dA , atau :

$$dF = p \cdot dA = \gamma \cdot h \cdot dA \dots\dots\dots (3.3)$$



Gambar 3.3 Gaya hidrostatik pada bentuk bidang sembarang yang bersudut θ .

Dengan menjumlahkan semua gaya yang bekerja pada luasan bidang sembarang tersebut, dengan mempertimbangkan bahwa $h = y \cdot \sin\theta$, yaitu :

$$\begin{aligned} F &= \int \rho g h dA = \int \rho g (y \sin\theta) dA \\ &= (\rho g \sin\theta) \int y dA \\ &= (\rho g \sin\theta) y_s A \end{aligned}$$

Karena $h_s = y_s \sin\theta$, maka :

$$F = \rho g h_s A = \gamma h_s A \quad [\text{N}] \quad [\searrow] \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

dimana :

- F = gaya hidrostatis, dinyatakan dengan satuan [N]
- ρ = kerapatan massa air, dinyatakan dengan satuan [kg/m^3]
- g = gravitasi bumi, dinyatakan dengan satuan [m/detik^2]
- h_s = kedalaman pusat bidang terhadap permukaan air, dengan satuan [m]
- A = luas bidang sem, dinyatakan dengan satuan [m^2].

Letak titik pusat gaya hidrostatis y_p dihitung seperti pada mekanika dengan menggunakan konsep statis momen. Sumbu O dipilih sebagai perpotongan antara luas bidang sembarang dan permukaan air. Karena jumlah momen dari seluruh gaya terhadap sumbu O = momen gaya resultannya, maka kita peroleh persamaan ;

$$\int (dF * y) = F * y_p$$

dari perhitungan di atas $dF = \rho g h \cdot dA = \rho g (y \sin\theta) dA$ dan $F = (\rho g \sin\theta) y_s A$ maka

$$\begin{aligned} \int (dF * y) &= F * y_p \\ (\rho g \sin\theta) \int y^2 dA &= (\rho g \sin\theta) (y_s A) y_p \end{aligned}$$

Karena $\int y^2 dA$ merupakan momen inersia dari luas bidang sembarang tersebut terhadap sumbu O, maka :

$$\frac{I_o}{y_s A} = y_p$$

Dalam bentuk yang lebih tepat, digunakan teorema momen inersia sumbu sejajar,

$$y_p = \frac{I_x + A y_s^2}{y_s A} = \frac{I_x}{y_s A} + y_s \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

dimana :

- y_p = jarak miring dari pusat tekanan terhadap permukaan air, dengan satuan [m]
- y_s = jarak miring dari pusat bidang terhadap permukaan air, dengan satuan [m]
- I_x = momen inersia bidang thp. sumbu yang melalui pusatnya, dengan satuan [m^4]
- A = luas bidang, dengan satuan [m^2].

atau :

$$y_p = \frac{I_x}{(h_s / \sin \theta) A} + (h_s / \sin \theta) \dots\dots\dots (3.6)$$

dimana :

- y_p = jarak miring dari pusat tekanan terhadap permukaan air, dengan satuan [m]
- h_s = jarak vertikal dari pusat bidang terhadap permukaan air, dengan satuan [m]
- I_x = momen inersia bidang thp. sumbu yang melalui pusatnya, dengan satuan [m⁴]
- A = luas bidang, dengan satuan [m²].

Perlu diingat bahwa letak pusat gaya hidrostatis selalu di bawah pusat luasan bidang sembarang tersebut, atau $(y_p - y_s)$ selalu **positip** karena I_x nilainya selalu positif.

3.3.1 Gaya Hidrostatik Pada Bidang Horisontal

Perhatikan dasar kolam air atau bidang BC tercelup penuh (lihat Gambar 3.4) :

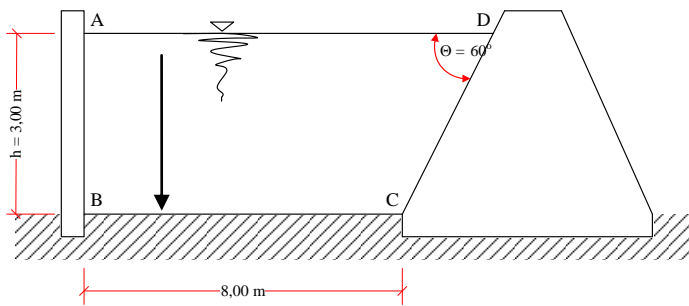
Tekanan hidrostatik, $p = \gamma \cdot h$ [N/m²]

Gaya hidrostatik, $F = p \cdot A = \gamma \cdot h_s \cdot A = \gamma h \cdot A$ [N]

Letak titik tangkap gaya hidrostatik berada pada titik pusat diagram tekanan/titik P.

Contoh Soal :

Hitung tekanan hidrostatik, besar dan letak titik tangkap gaya hidrostatik pada dasar kolam BC dalam kondisi tercelup penuh (lihat **Gambar 3.4**). Panjang $p = 8,00$ m dengan lebar $b = 5,00$ m, bila diketahui berat jenis air $\gamma_a = 9,81$ kN/m³ ?

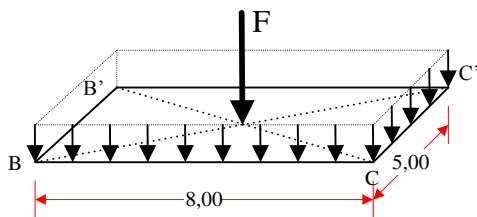


Gambar 3.4 Bangunan kolam air.

Jawab :

Tekanan hidrostatik pada dasar tangki, $p = \gamma \cdot h = 9,81 \cdot 3,00 = 29,43$ kN/m².

$$\begin{aligned} \text{Gaya hidrostatik, } F &= \gamma \cdot h_s \cdot A = p \cdot A = \gamma h \cdot A \\ &= 29,43 \cdot (8,00 \cdot 5,00) \\ &= 1177,2 \text{ kN } [\downarrow] \end{aligned}$$



Letak titik tangkap gaya hidrostatik berada pd titik pusat distribusi tekanan/titik P = (4,00 ; 2,50) m.

Diagram tekanan hidrostatik berupa tekanan yang merata berbentuk prisma empat persegi panjang.

3.3.2 Gaya Hidrostatik Pada Bidang Vertikal

Perhatikan dinding kolam air atau bidang AB tercelup sebagian (lihat **Gambar 3.4**) :
 Besar gaya hidrostatik,

$$F = \gamma h_s \cdot A = \gamma \cdot (h/2) \cdot A \quad [\text{N}]$$

Letak titik tangkap gaya hidrostatik berada pada titik pusat diagram tekanan/titik P,
 $h_p = 2/3 h$ dari permukaan air. [m].

Bila gaya F dihitung dalam gaya persatuan lebar bidang (dalam horisontal), maka :
 $F = \gamma h_s \cdot h = \gamma \cdot (h/2) h = 1/2 \gamma h^2$ dengan satuan [N/m].

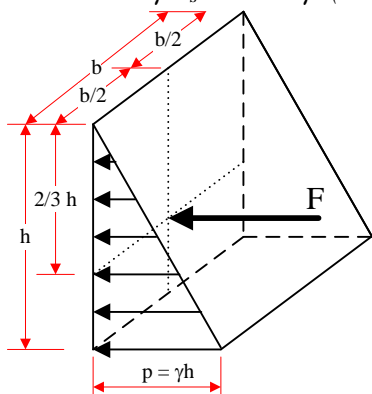


Diagram tekanan hidrostatik pada bidang ini merupakan garis lurus, karena persamaan tekanan $p = \gamma (h-z)$ adalah merupakan fungsi berpangkat satu (linier).

Gaya hidrostatik pada bidang vertikal = isi prisma segitiga yang dibentuk oleh volume tekanan, sedang titik tangkap gaya bekerja melalui titik berat volume prisma segitiga yang jauhnya $2/3 h$ dari permukaan. Jadi sesuai dengan penurunan rumus h_p di atas.

Contoh Soal :

Hitunglah besar dan letak titik tangkap gaya hidrostatik pada dinding vertikal kolam AB kondisi tercelup sebagian, yang mempunyai tinggi $h = 3,00$ m dengan lebar $b = 5,00$ m, bila diketahui berat jenis air $\gamma_a = 9,81 \text{ kN/m}^3$ (lihat **Gambar 3.4**) ?

Jawab :

Gaya hidrostatik, $F = \gamma \cdot h_s \cdot A = 9,81 \cdot 1,50 \cdot (3,00 \cdot 5,00) = 220,725 \text{ kN}$ [\leftarrow]

Letak titik tangkap gaya hidrostatik berada pada titik pusat diagram tekanan/titik P,
 $h_p = 2/3 h = 2/3 \cdot 3,00 = 2,00 \text{ m}$ (dari permukaan air).

Besar gaya hidrostatik persatuan lebar :

$$F = \gamma \cdot h_s \cdot A_s = 9,81 (3,00/2) (3,00 \cdot 1,00) = 44,145 \text{ N/m}$$
 [\leftarrow].
 $h_p = 2/3 h = 2/3 \cdot 3,00 = 2,00 \text{ m}$ (dari permukaan air).

3.3.3 Gaya Hidrostatik Pada Bidang Miring

Dinding kolam air atau bidang CD dalam kondisi tercelup sebagian (lihat **Gambar 3.4**) :

Gaya hidrostatik, $F = \rho g h_s A = \gamma h_s A$ [N]

Letak titik tangkap gaya hidrostatik, $y_p = \frac{I_x}{y_s A} + y_s$ [m]

$$\text{atau : } y_p = \frac{I_x}{(h_s / \sin \theta) A} + (h_s / \sin \theta) \quad [\text{m}]$$

Contoh Soal :

Hitunglah besar dan letak titik tangkap gaya hidrostatik yang bekerja pada dinding kolam yang miring CD dalam kondisi tercelup sebagian (lihat Gambar 3.4), tinggi $h = 3,00$ m dengan lebar $b = 5,00$ m, bila diketahui berat jenis air $\gamma_a = 9,81 \text{ kN/m}^3$.

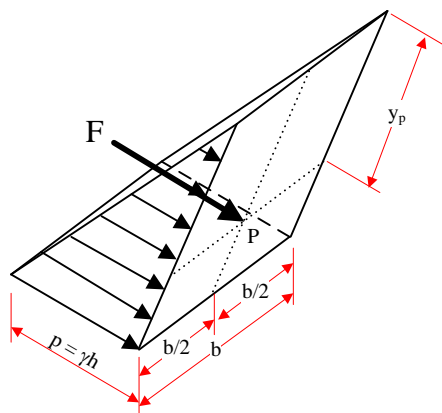
Jawab :

Besar gaya hidrostatik,

$$F = \gamma \cdot h_s \cdot A = 9,81 (3,00/2) (3,00/\sin 60^\circ * 5,00) = 254,87 \text{ kN} \quad [\searrow]$$

Besar gaya hidrostatik persatuan lebar :

$$F = \gamma \cdot h_s \cdot A_s = 9,81 (3,00/2) (3,00/\sin 60^\circ * 1,00) = 50,974 \text{ kN/m} \quad [\searrow]$$



Letak titik tangkap gaya hidrostatik berada pd titik pusat distribusi tekanan/titik P, yaitu:

$$y_p = \frac{I_x}{y_s A} + y_s \rightarrow$$

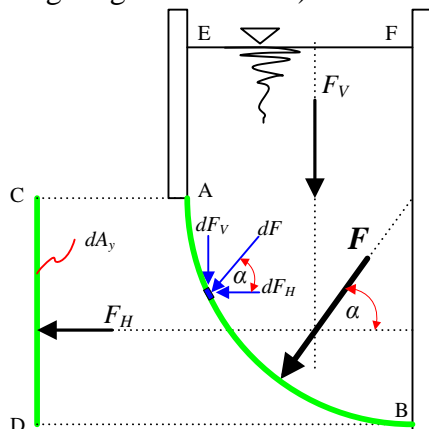
$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{5,00 * (3,00 / \sin 60^\circ)^3}{12} = 17,32 \text{ m}^4$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} y_p &= \frac{I_x}{(h_s / \sin \theta) A} + (h_s / \sin \theta) \\ &= \frac{17,32}{(1,50 / \sin 60^\circ) (5,00 * 3,00 / \sin 60^\circ)} + (1,50 / \sin 60^\circ) \\ &= 2,31 \text{ m. (dari permukaan air).} \end{aligned}$$

3.3.4 Gaya Hidrostatik Pada Bidang Lengkung

Dalam permasalahan bidang lengkung ini, gaya hidrostatik diuraikan menjadi gaya-gaya dalam arah horizontal dan vertical sebagai berikut (lihat tinjauan bagian kecil dari bidang lengkung **Gambar 3.5**) :



$dF = \gamma h dA$, dalam arah horizontal, $dF_H = \gamma h dA \cos \alpha$
dan arah vertical, $dF_V = \gamma h dA \sin \alpha$

maka :

- Gaya horizontal, $F_H = \gamma \int h dA_y \rightarrow$ merupakan gaya pada bidang proyeksi CD, sedangkan

- Gaya vertical, $F_V = \gamma \int h dA_x \rightarrow$ merupakan gaya yang besarnya = berat kolom air di atas bidang

lengkung AB, (seluas bidang ABFE).

Gambar 3.5 Gaya hidrostatis pada bidang lengkung ¼ lingkaran. Sehingga :

- Besarnya resultante gaya hidrostatis :

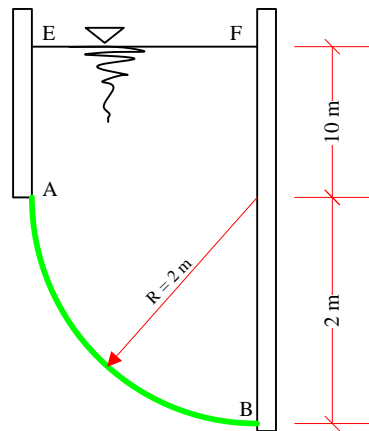
$$F = \sqrt{F_H^2 + F_V^2} \quad (\swarrow) \quad \text{dengan satuan N, atau kN.}$$

- Letak titik tangkap gaya hidrostatis :

Berada pada perpotongan antara garis kerja F_H dan F_V , kemudian dari titik tersebut dihubungkan dengan titik pusat lengkungan sehingga merupakan garis kerja gaya F .

- Arah gaya terhadap garis horisontal, $\alpha = \text{arc. tan} \left(\frac{F_V}{F_H} \right)$, dalam satuan [derajat].

Contoh Soal 1 :



Pintu tangki air AB berbentuk bidang lengkung seperempat lingkaran dengan jari-jari $R = 2,00 \text{ m}$ dan lebar $b = 3,00 \text{ m}$ seperti Gambar di samping.

Jika titik A berada pada kedalaman 10 m dari permukaan air dan $\gamma = 9,81 \text{ kN/m}^3$, hitung besar dan letak titik tangkap gaya hidrostatis yang bekerja pada pintu AB tersebut ?

Jawab :

Gaya hidrostatis yang bekerja pada pintu AB (yang berupa bidang lengkung) = resultan dari gaya yang bekerja pada bidang proyeksi vertical AB yaitu bidang CD + berat air di atas bidang lengkung AB yaitu bidang ABFE.

Gaya yang bekerja pada bidang proyeksi CD, adalah :

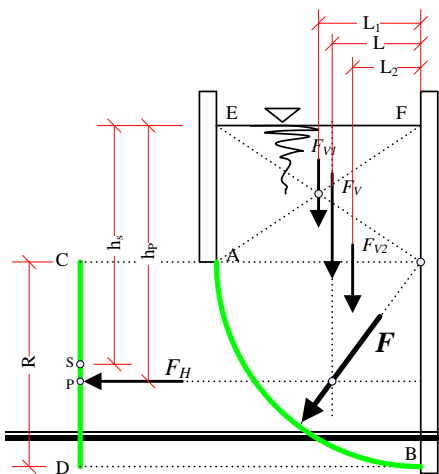
$$\begin{aligned} F_H &= \gamma h_s A_{CD} \quad \rightarrow \gamma = 9,81 \text{ kN/m}^3, \\ &\quad \rightarrow h_s = 10 + 1 = 11 \text{ m}, \\ &\quad \rightarrow A_{CD} = CD * b = 2 * 3 = 6 \text{ m}^2. \\ &= 9,81 * 11 * 6 \\ &= 647,46 \text{ kN} [\leftarrow] \end{aligned}$$

Letak titik tangkap gaya F_H , yaitu :

$$\begin{aligned} h_p &= \frac{I_x}{h_s A_{CD}} + h_s \rightarrow I_x = 1/12 bh^3 = 1/12 * 3 * 2^3 = 2 \text{ m}^4. \\ h_p &= \frac{2}{11 * 6} + 11 = 11,118 \text{ m} . \end{aligned}$$

Berat air di atas bidang lengkung AB yaitu bidang ABFE, diuraikan menjadi 2 komponen berat air, yaitu F_{V1} dan F_{V2} :

$$F_{V1} = \text{Berat air seluas bidang AA'FE}$$



$$\begin{aligned}
&= \gamma * \text{Volume air seluas bidang AA'FE} \\
&= \gamma * b * A_{AA'FE} = 9,81 * 3 * (10 * 2) \\
&= 588,6 \text{ kN } [\downarrow]
\end{aligned}$$

Letak titik tangkap gaya F_{V1} (lihat Tabel pada Lampiran B), yaitu :
 $L_1 = 1,00 \text{ m}$ dari garis BF

Berat air F_{V2} :

$$\begin{aligned}
F_{V2} &= \text{Berat air seluas bidang AA'B} \\
&= \gamma * (\text{Volume air seluas bidang AA'B}) \\
&= \gamma * (b * A_{AA'FE}) \\
&= 9,81 * (3 * (1/4 * 0,25 * \pi * D^2)) \\
&= 9,81 * (3 * (1/4 * 0,25 * \pi * 4^2)) \\
&= 92,410 \text{ kN } [\downarrow]
\end{aligned}$$

Letak titik tangkap gaya F_{V2} (lihat Tabel pada Lampiran B), yaitu :
 $L_2 = 0,424 \text{ R}$
 $= 0,424 * 2$
 $= 0,848 \text{ m}$ dari garis BF

Resultanre gaya berat air di atas bidang lengkung :

$$\begin{aligned}
F_V &= F_{V1} + F_{V2} \\
&= 588,6 + 92,410 \\
&= 681,010 \text{ kN } [\downarrow]
\end{aligned}$$

Letak titik tangkap gaya resultan F_V ,
menurut statis momen terhadap garis BF, yaitu :

$$\begin{aligned}
L &= \frac{F_{V1} * L_1 + F_{V2} * L_2}{F_V} \\
&= \frac{588,6 * 1,00 + 92,410 * 0,848}{681,010} \\
&= 0,979 \text{ m.}
\end{aligned}$$

Gaya hidrostatis F yang bekerja pada pintu AB (yang berupa bidang lengkung) = resultan dari gaya yang bekerja pada bidang proyeksi vertical AB yaitu bidang CD dan berat air di atas bidang lengkung AB yaitu bidang ABFE, yaitu :

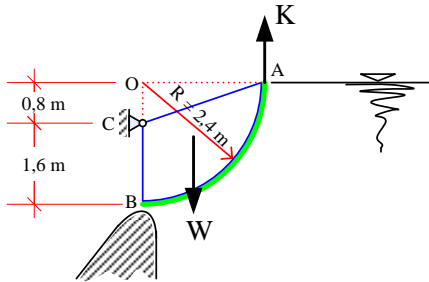
$$\begin{aligned}
F &= \sqrt{F_H^2 + F_V^2} \\
&= \sqrt{647,46^2 + 681,010^2} \\
&= 939,67 \text{ kN } [\swarrow]
\end{aligned}$$

Arah gaya hidrostatis F adalah melalui titik pusat $1/4$ lingkaran dan miring membentuk sudut α terhadap bidang horisontal, selain itu juga melalui titik perpotongan garis kerja F_V dan F_H :

$$\alpha = \arctan\left(\frac{F_V}{F_H}\right) = \arctan\left(\frac{681,010}{647,46}\right)$$

$$= 46,445^\circ$$

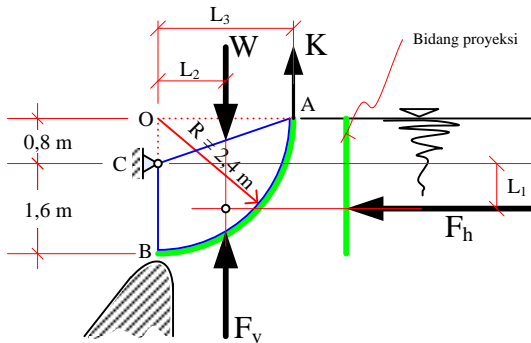
Contoh Soal 2 :



Pintu radial $\frac{1}{4}$ lingkaran ABC bertitik pusat di titik O dengan jari-jari $R = 2,4$ m, dan mempunyai lebar $b = 3$ m, serta diperlengkapi engsel di titik C, menerima tekanan air dari arah sisi kanan seperti terlihat pada Gambar. Berat pintu radial $W = 100$ kN dan titik berat pintu tersebut berada disebelah kanan engsel sejauh $e = 0,424 R$.

Diminta : Hitung besar dan arah gaya luar K agar pintu tetap dalam kondisi setimbang seperti pada gambar ?

Jawab :



Gaya hidrostatis yang bekerja pada bidang proyeksi, adalah :

$$F_h = \gamma h_s A_{CD} \quad \rightarrow \gamma = 9,81 \text{ kN/m}^3,$$

$$\rightarrow h_s = \frac{1}{2} R = \frac{1}{2} * 2,4$$

$$= 1,2 \text{ m.}$$

$$\rightarrow A_{CD} = R * b = 2,4 * 3$$

$$= 7,2 \text{ m}^2.$$

$$= 9,81 * 1,2 * 7,2$$

$$= 84,758 \text{ kN} [\leftarrow]$$

Letak titik tangkap gaya F_h , yaitu :

$$h_p = \frac{2}{3} R = \frac{2}{3} * 2,4 = 1,6 \text{ m (terhadap permukaan air).}$$

Jarak gaya F_h terhadap engsel C :

$$L_1 = h_p - 0,8 = 1,6 - 0,8 = 0,8 \text{ m.}$$

Berat air di atas bidang lengkung AB yaitu bidang ABO (**imaginer**) :

$$F_v = \text{Berat air seluas bidang ABO} = \gamma * \text{Volume air seluas bidang ABO}$$

$$= \gamma * b * A_{ABO} = 9,81 * 3 * \left(\frac{1}{4} \pi R^2\right) = 133,071 \text{ kN} [\uparrow]$$

Jarak gaya F_v terhadap engsel C :

$$L_2 = 0,424 R = 0,424 * 2,4 = 1,0178 \text{ m.}$$

Berat pintu radial, $W = 100$ kN (\downarrow), dengan jarak terhadap engsel $e = 0,424 R = 1,0178$ m.

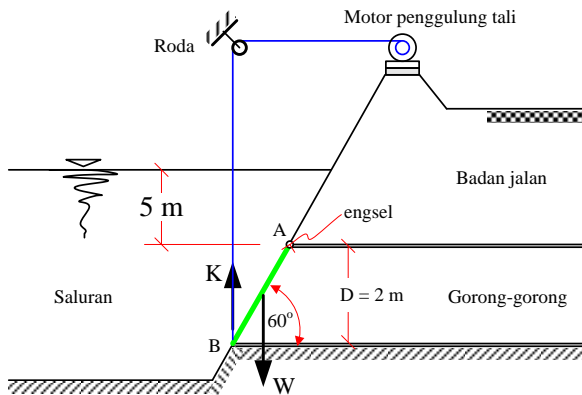
Besar dan arah gaya luar K,

$$\sum M_C = 0$$

$$K = \frac{F_h * L_1 + W * e - F_V * L_2}{R} = \frac{84,758 * 0,8 + 100 * 1,0176 - 133,071 * 1,076}{2,4}$$

$$= 14,231 \text{ kN } (\uparrow)$$

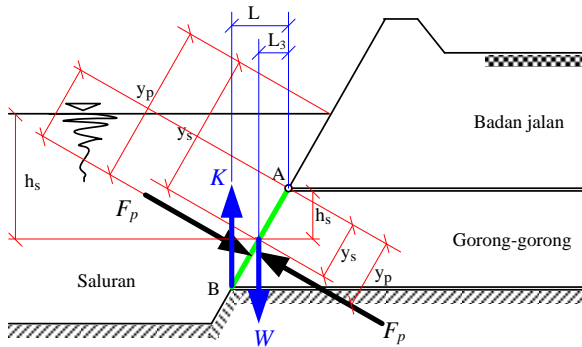
Contoh Soal 3:



Pintu klep AB mempunyai lebar $b = 2,5 \text{ m}$, yang diperlengkapi engsel di titik A, terpasang miring dengan sudut 60° di mulut gorong-gorong yang berada di bawah badan jalan, berat pintu $W = 500 \text{ N}$ dengan titik berat berada di tengah-tengah AB. Pintu tersebut menerima tekanan air dari arah kiri dan kanan (lihat Gambar).

Hitung : besar dan arah gaya tegangan tali K pada saat pintu akan mulai terbuka, bila untuk kebutuhan operasional pintu (buka/tutup pintu), di titik B di hubungkan dengan tali baja (sling) ke motor pengguling ?

Jawab :



1) Gaya hidrostatik yang bekerja pada sisi **kanan** pintu (gorong-gorong terisi penuh air) :

$$F_{ka} = \gamma h_s A_{AB} \rightarrow h_s = \frac{1}{2} * 2 = \frac{1}{2} * 2 = 1 \text{ m.}$$

$$\rightarrow y_s = h_s / \sin 60^\circ = 1,1547 \text{ m}$$

$$\rightarrow A_{AB} = 2 / \sin 60^\circ * b = 2 / \sin 60^\circ * 3 = 6,928 \text{ m}^2.$$

$$= 9,81 * 1 * 6,928 = 67,928 \text{ kN } [\swarrow]$$

Letak titik tangkap gaya F_{ki} :

$$y_p = \frac{2}{3} * 2 = \frac{2}{3} * 2 = 1,333 \text{ m}$$

Jarak gaya F_{ki} terhadap engsel A

$$L_1 = y_p = 1,333 \text{ m.}$$

2) Gaya hidrostatik yang bekerja pada sisi **kiri** pintu :

$$\begin{aligned}
F_{ki} &= \gamma h_s A_{AD} \rightarrow h_s = a + \frac{1}{2} \cdot D = 5 + \frac{1}{2} \cdot 2 = 5 + \frac{1}{2} \cdot 2 = 6 \text{ m.} \\
&\rightarrow y_s = h_s / \sin 60^\circ = 6 / \sin 60^\circ = 6,928 \text{ m} \\
&\rightarrow A_{AB} = 2 / \sin 60^\circ \cdot b = 2 / \sin 60^\circ \cdot 3 = 6,928 \text{ m}^2. \\
&= 9,81 \cdot 6,928 \cdot 6,928 = \mathbf{470,88 \text{ kN}} \quad [\searrow]
\end{aligned}$$

Letak titik tangkap gaya F_{ki} , yaitu :

$$\begin{aligned}
y_p &= \frac{I_x}{y_s A_{CD}} + y_s \rightarrow I_x = 1/12 bh^3 = 1/12 \cdot 3 \cdot (2/\sin 60^\circ)^3 = 3,079 \text{ m}^4. \\
y_p &= \frac{3,079}{6,928 \cdot 6,928} + 6,928 = 6,992 \text{ m}
\end{aligned}$$

Jarak gaya F_{ki} terhadap engsel A :

$$L_2 = y_p - 5 / \sin 60^\circ = 6,992 - 5 / \sin 60^\circ = 1,219 \text{ m.}$$

3) Gaya berat pintu $W = 500 \text{ N}$ dengan titik berat $L_3 = 1 / \sin 60^\circ = 1,1547 \text{ m}$

4) Besar dan arah gaya luar K , apabila jarak K terhadap engsel $L = 2 / \sin 60^\circ = 2,294 \text{ m}$.

$$\sum M_C = 0$$

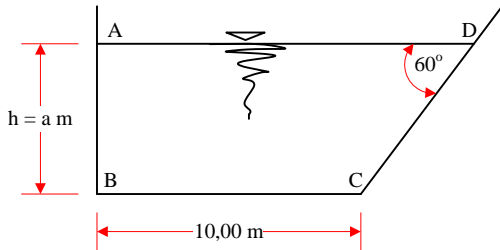
$$F_{ka} \cdot L_1 - F_{ki} \cdot L_2 - W \cdot L_3 + K \cdot L = 0$$

$$K \geq \frac{F_{ki} \cdot L_2 - F_{ka} \cdot L_1 + W \cdot L_3}{L}$$

$$\geq \frac{470,88 \cdot 1,219 - 67,928 \cdot 1,333 + 0,5 \cdot 1,1547}{2,294}$$

$$= \mathbf{210,999 \text{ kN}} \quad [\uparrow].$$

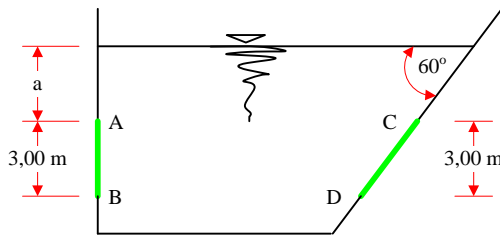
3.4 Soal Latihan



Soal 1 :

Kolam air memiliki kedalaman $h = a$ m, lebar $b = 6,00$ m, hitung :

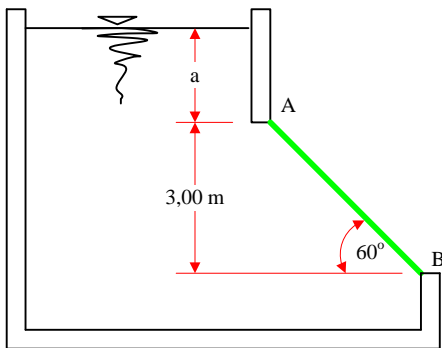
- Besar dan letak titik tangkap gaya hidrostatik yang bekerja pada dinding AB.
- Besar dan letak titik tangkap gaya hidrostatik yang bekerja pada lantai dasar BC.
- Besar dan letak titik tangkap gaya hidrostatik yang bekerja pada dinding CD.



Soal 2 :

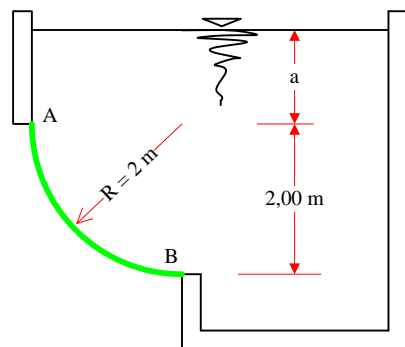
Bidang AB berbentuk lingkaran dengan diameter $d = 3,00$ m, sedangkan bidang CD berbentuk segitiga sama kaki yang puncaknya di titik C dan alasnya $DD' = 2,00$ m, Jika titik A dan C berada pada kedalaman a m dari permukaan air, hitung :

- Besar dan letak titik tangkap gaya hidrostatik yang bekerja pada bidang lingkaran AB.
- Besar dan letak titik tangkap gaya hidrostatik yang bekerja pada bidang segitiga CD.



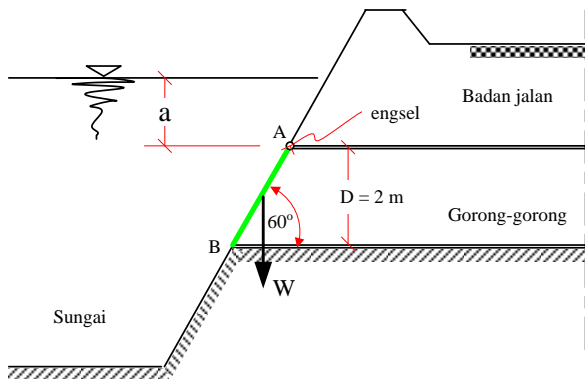
Soal 3 :

Pintu tangki air AB berbentuk empat persegi panjang dengan lebar $b = 2,00$ m. Jika titik A berada pada kedalaman a m dari permukaan air, hitung : besar dan letak titik tangkap gaya hidrostatik yang bekerja pada pintu AB.



Soal 4 :

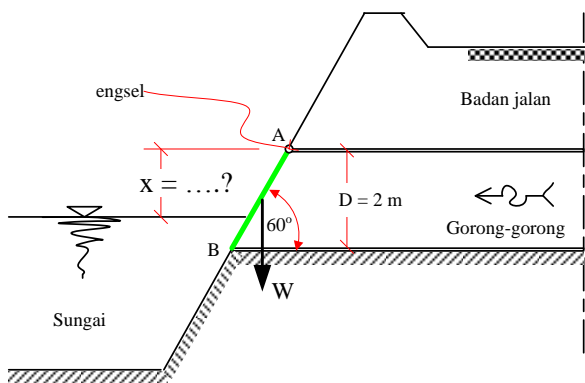
Pintu tangki air AB berbentuk bidang lengkung seperempat lingkaran dengan jari-jari $R = 2,00$ m dan lebar $b = 3,00$ m. Jika titik A berada pada kedalaman a m dari permukaan air, hitung : Besar dan titik tangkap gaya hidrostatik yang bekerja pada pintu AB.



Soal 5 :

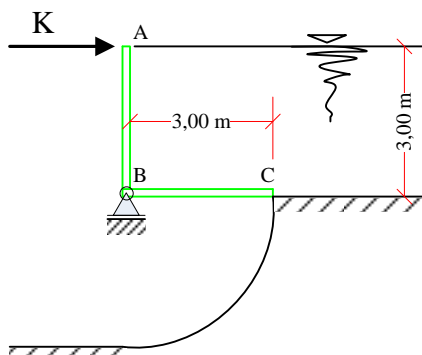
Pintu klep AB terpasang di mulut gorong-gorong berbentuk persegi panjang dengan lebar $b = 2,5$ m, dan diperlengkapi engsel di A. Jika titik A berada pada kedalaman a m dari permukaan air sungai dan air di gorong-gorong dianggap kosong, hitung :

- Besar dan letak titik tangkap gaya hidrostatik yang bekerja pada pintu AB.
- Besar momen di Engsel A akibat gaya hidrostatik yg bekerja pada pintu AB.



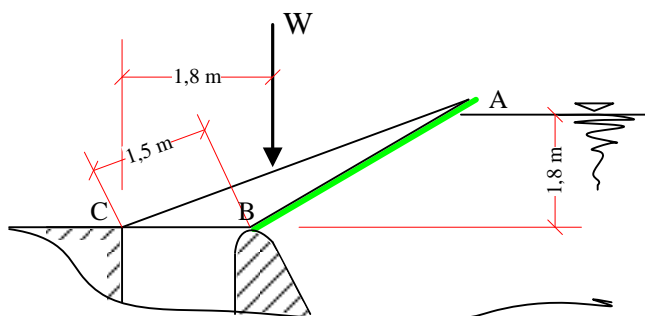
Soal 6 :

Pintu klep otomatis AB mempunyai lebar $b = 2,5$ m, yang diperlengkapi engsel di titik A, terpasang miring dengan sudut 60° di mulut gorong-gorong yang berada di bawah badan jalan, berat pintu $W = 500$ N dengan titik berat di tengah-tengah AB. Pintu tersebut menerima tekanan air dari arah kiri dan kanan (lihat Gambar). Berapa tinggi muka air sungai (X) thd A, saat pintu akan mulai terbuka jika aliran di gorong-gorong dianggap penuh air ?



Soal 7 :

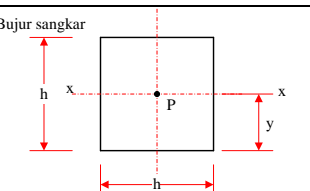
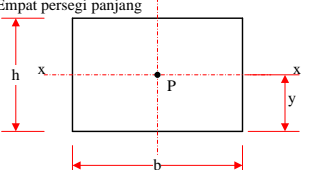
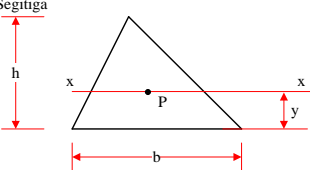
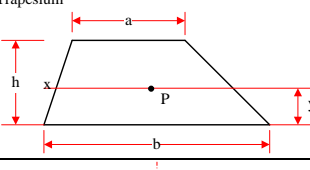
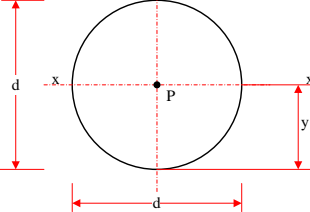
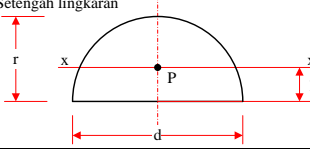
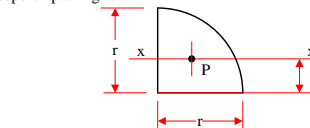
Sebuah pintu klep ABC mempunyai lebar $b = a$ m, dilengkapi dengan engsel di titik B. Agar pintu tetap dalam kondisi seimbang seperti pada Gambar di samping, berapa besar dan arah gaya luar K ?



Soal 8 :

Pintu otomatis ABC beratnya 44000 N/m per meter lebar dan titik berat pintu berada $1,80$ m ke sebelah kanan engsel C, serta memiliki lebar $b = a$ m. Selidikilah apakah pintu tersebut akan berputar terbuka akibat kedalaman air seperti yang terlihat pada gambar ?

Tabel 3.1. Luasan, titik berat, dan momen inersia.

Bentuk bidang	Luas	Jarak titik berat terhadap sisi dasar	Momen inersia sb.x melalui titik berat
<p>Bujur sangkar</p> 	$A = h^2$	$y = \frac{h}{2}$	$I_x = \frac{h^4}{12}$
<p>Empat persegi panjang</p> 	$A = b h$	$y = \frac{1}{2} h$	$I_x = \frac{b h^3}{12}$
<p>Segitiga</p> 	$A = \frac{bh}{2}$	$y = \frac{h}{3}$	$I_x = \frac{b h^3}{36}$
<p>Trapezium</p> 	$A = \frac{(a+b) h}{2}$	$y = \frac{(a+2b) h}{3(a+b)}$	$I_x = \frac{(a^2 + 4ab + b^2) h^3}{36(a+b)}$
<p>Lingkaran</p> 	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	$y = \frac{d}{2}$	$I_x = \frac{\pi d^4}{64}$
<p>Setengah lingkaran</p> 	$A = \frac{\pi d^2}{8}$	$y = 0,212 d$	$I_x = (6,86 \times 10^{-3}) d^4$
<p>Seperempat lingkaran</p> 	$A = \frac{\pi d^2}{16}$	$y = 0,212 d$	$I_x = (3,43 \times 10^{-3}) d^4$