Kirana Nuansa Henri
17/410624/SV/12551
D4 Teknik Pengelolaan dan Pemeliharaan Infrastruktur Sipil
Tugas 1 - Mekanika Fluida 2020

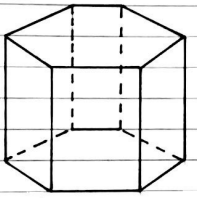
1) Kapilaritas (x=2, y=4, z=1)

Prisma tegak segi enam sama sisi memiliki panjang sisi 4,45 cm, masuk ke dalam air secara tegak. Hitung kenaikan pipa kapiler bila tegangan permukaan 0,0821 N/m. Prisma tersebut berisi raksa.

Diketahui =

Prisma tegak segi enam

$s = 4,45 cm = 0,0445 m$



Keliling segi enam (P)

$K = 6 \times s = 6 \times 0,0445 = 0,267 m$

Luas segi enam (A)

$L = \frac{3\sqrt{3}}{2} s^2 = \frac{3\sqrt{3}}{2} \cdot 0,0445^2$

$= 5,145 \times 10^{-3} m^2$

$\sigma = 0,0821 N/m$

Berisi air raksa

$\theta = 140^\circ$, $\cos 140^\circ = -0,766$

$\rho = 1000 kg/m^3$

$g = 9,81 m/s^2$

Ditanya =

kenaikan pipa kapiler bila tegangan permukaan 0,0821 N/m

penyelesaian =

Rumus kapilaritas

$P \sigma \cos\theta = A h \gamma$

$P \sigma \cos\theta = A \cdot h \cdot \rho \cdot g$

$0,267 m \cdot 0,0821 N/m \cdot \cos 140^\circ = 5,145 \times 10^{-3} m^2 \cdot h \cdot 1000 kg/m^3 \cdot 9,81 m/s^2$

$h = \frac{0,267 m \cdot 0,0821 N/m \cdot (-0,766)}{5,145 \times 10^{-3} m^2 \cdot 1000 kg/m^3 \cdot 9,81 m/s^2}$

$= -3,330210865 \times 10^{-4} m$

Jadi, kenaikan pipa kapiler bila tegangan permukaan 0,0821 N/m adalah sebesar $-3,330210865 \times 10^{-4} m$

Kirana Nuansa Henri

GELATIK

2) Viskositas dinamis ($x = 2, y = 4, z = 1$)

Kerucut dengan jari-jari permukaan 1,14 m. Plat tersebut memiliki massa 98,42 kg dan bergerak dalam sebuah bidang vertikal seperti gambar di atas dengan kemiringan bidang 44,24 derajat. Di bagian atas bidang tersebut terdapat fluida setebal 2,24 mm. Hitung tegangan geser plat dan viskositas dinamik fluida.

Diketahui :

$V = 0,31$ m/s

$r = 1,14$ m

$m = 98,42$ kg

derajat $= 44,24°$

tebal $= 2,24$ mm

$= 0,00224$ m

Ditanya : tegangan geser plat dan viskositas dinamik fluida

penyelesaian :

STEP 1 (Mencari berat)

$W = m \cdot g$

$= 98,42 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$

$= 965,5002$ N.

STEP 2 (Mencari gaya geser pada bidang miring)

$T =$ Berat x kemiringan bidang

$= 965,5002 \text{ N} \times \cos 44,24°$

$= 691,7072449$ N

STEP 3 (Mencari luas alas kerucut)

$L\odot = \pi r^2$

$= 3,14 \cdot 1,14^2$

$= 4,080744 \text{ m}^2$

STEP 4 (Mencari gradien kecepatan)

$$\frac{du}{dy} = \frac{v}{\Delta y} = \frac{0,31 \text{ m/s}^2}{0,00224 \text{ m}} = 138,3928571 \text{ /s}$$

STEP 5 (Mencari tegangan geser)

$$\tau = \frac{T}{A} = \frac{691,7072449 \text{ N}}{4,080744 \text{ m}^2}$$

$= 169,5051797 \text{ N/m}^2$

STEP 6 (Mencari viskositas dinamis)

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy}$$

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}} = \frac{169,5051797 \text{ N/m}^2}{138,3928571 \text{ /s}}$$

$= 1,224811621 \text{ Ns/m}^2$

Jadi, tegangan geser plat adalah sebesar 169,5051797 N/m² dan viskositas dinamik fluida adalah sebesar 1,224811621 Ns/m².

Kirana Nuansa Henri

GELATIK

3) Analisis Dimensi Metode Buckingham dan Rayleigh

Diketahui :

Sistem injeksi terbentuk dikarenakan pecahnya jet fluida.

Asumsi = percikan jet air memiliki diameter d, merupakan fungsi dari beberapa parameter dari massa jenis ρ, viskositas μ, tegangan permukaan σ, kecepatan v, diameter D.

Ditanya = analisis dimensi dengan metode Rayleigh dan Buckingham

Penyelesaian :

$d = f(\rho, \mu, \sigma, v, D)$

$\mu = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}$

$V = L \cdot T^{-1}$

$D = L$

$d = L$

Metode Buckingham

$\pi_1 = \mu^{a_1} \cdot V^{b_1} \cdot D^{c_1} \cdot d$

$F^0 L^0 T^0 = (F \cdot L^{-1} \cdot T^{-1})^{a_1} \cdot (L \cdot T^{-1})^{b_1} \cdot (L)^{c_1} \cdot (L)$

maka $F \rightarrow 0 = a_1$

$L \rightarrow 0 = -a_1 + b_1 + c_1 + 1 \rightarrow c_1 = -1$

$T \rightarrow 0 = -a - b_1$

$0 = 0 - b_1$

$b_1 = 0$

jadi, $\pi_1 = \mu^0 \cdot v^0 \cdot D^{-1} \cdot d$

$\pi_1 = \frac{d}{D}$

$\pi_2 = \mu^{a_2} \cdot V^{b_2} \cdot D^{c_2} \cdot \rho$

$F^0 \cdot L^0 \cdot T^0 = (F \cdot L^{-1} T^{-1})^{a_2} (L \cdot T^{-1})^{b_2} (L)^{c_2} (F \cdot L^{-3})$

maka $F \rightarrow 0 = a_2 + 1$

$a_2 = -1$

$T \rightarrow 0 = -a_2 - b_2$

$0 = 1 - b_2$

$b_2 = 1$

$L \rightarrow 0 = -a_2 + b_2 + c_2 - 3$

$0 = 1 + 1 + c_2 - 3$

$c_2 = 1$

jadi, $\pi_2 = \mu^{-1} v^1 D^1 \cdot \rho$

$\pi_2 = \frac{\rho v D}{\mu}$

Kirana Nuansa Henri

GELATIK

$\pi_3 = \mu^{a3} \cdot v^{b3} \cdot D^{c3} \cdot \sigma$

$F^0 L^0 T^0 = (F \cdot L^{-1} T^{-1})^{a3} (L \cdot T^{-1})^{b3} (L)^{c3} (F \cdot T^{-2})$

maka, $F \rightarrow 0 = a_3 + 1$

$a_3 = -1$

$T \rightarrow 0 = -a_3 - b_3 - 2$

$0 = 1 - b_3 - 2$

$b_3 = -1$

$L \rightarrow 0 = -a_3 + b_3 + c_3$

$0 = 1 - 1 + c_3$

$c_3 = 0$

Jadi, $\pi_3 = \mu^{-1} v^{-1} \cdot D^0 \cdot \sigma$

$\pi_3 = \frac{\sigma}{\mu v}$

Jadi, $\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3)$

$\frac{d}{D} = f\left(\frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}, \frac{\sigma}{\mu v}\right)$

Metode Rayleigh

$d = f(\rho, \mu, \sigma, v, D)$

$d = K \cdot \rho^a \mu^b D^c v^d D^e$

$L = K \cdot \left(\frac{M}{L^3}\right)^a \left(\frac{M}{LT}\right)^b \left(\frac{M}{T^2}\right)^c \left(\frac{L}{T}\right)^d (L)^e$

$L = K \cdot (M \cdot L^{-3})^a (M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1})^b (M \cdot T^{-2})^c (L T^{-1})^d (L)^e$

$L = K \cdot M^a L^{-3a} M^b L^{-b} T^{-b} M^c T^{-2c} L^d T^{-d} L^e$

M => $0 = a + b + c$

L => $1 = -3a - b + d + e$

T => $0 = -b - 2c - d$

$2a + 2b + 2c = 0$

$-3a - b + d + e = 1$

$-b - 2c - a = 0$ +

$-a + e = 1$

$e = a + 1$

$0 = -3a - b + (-b - 2c) + (a + 1) - 1$

$0 = -2a - 2b - c$

$-2a - 2b - c = 0$

$2a + 2b + 2c = 0$ +

$c = 0$

$d = -b - 2c$

$d = -b - 2(0)$

$d = -b$

$a + b + 0 = 0$

$a = -b$

maka, $a = d$

$e = a + 1$

$e = 1 + 1$

$e = 2$

maka, $a = 1$ $c = 0$

$b = -1$

$d = 1$

$e = 2$

Jadi, $d = K \cdot \rho^1 \mu^{-1} \sigma^0 v^1 D^2$

$d = \frac{K \cdot \rho v D^2}{\mu}$

Kirana Nuansa Henri

GELATIK

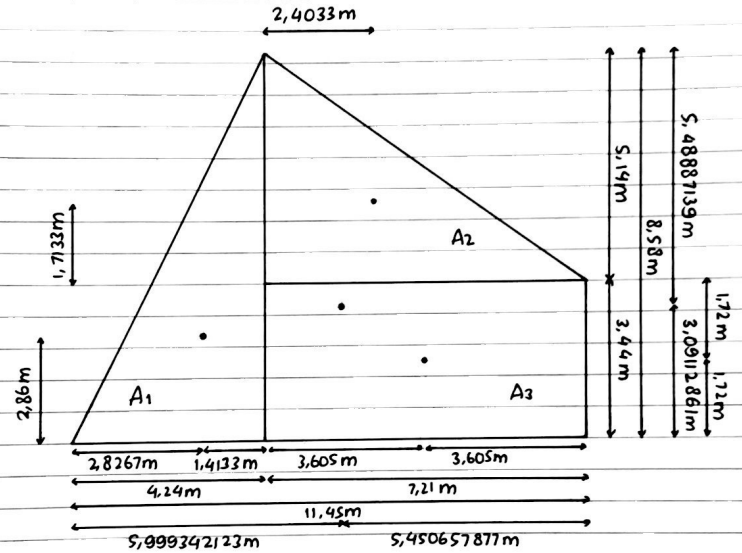
4) Momen inersia ($x = 2, y = 4, z = 1$)

Tentukan titik berat benda dari kiri, kanan, atas, dan bawah.

Analisislah momen inersia berdasarkan sumbu x dan sumbu y pada plat berikut ini.

Diketahui :

Gambar plat :



Luas A1 = $\frac{\text{alas} \times \text{tinggi}}{2} = \frac{4,24 \times 8,58}{2} = 18,1896\ m^2$

Luas A2 = $\frac{\text{alas} \times \text{tinggi}}{2} = \frac{7,21 \times 5,14}{2} = 18,5297\ m^2$

Luas A3 = panjang x lebar = $7,21 \times 3,44 = 24,8024\ m^2$

Ditanya = > titik berat benda dari kiri, kanan, atas, dan bawah

> momen inersia berdasarkan sumbu x dan sumbu y

Kirana Nuanso Henri

GELATIK

Titik berat dari kiri

Bagian	Luas (Ai)	yi	Ai yi	$\bar{y} = \frac{\Sigma(Ai\,yi)}{\Sigma(Ai)}$
A1	18,1896	2/3 . 4,24 = 2,8267	51,41654232	= 369,0897263
A2	18,5297	(1/3 . 7,21) + 4,24 = 6,6433	123,098356	61,5217
A3	24,8024	(1/2 . 7,21) + 4,24 = 7,845	194,574828	= 5,999342123
	61,5217		369,0897263	

Titik berat dari kanan

Bagian	Luas (Ai)	yi	Ai yi	$\bar{y} = \frac{\Sigma(Ai\,yi)}{\Sigma(Ai)}$
A1	18,1896	(1/3 . 4,24) + 7,21 = 8,6233	156,85437777	= 335,337387
A2	18,5297	2/3 . 7,21 = 4,8067	89,06670899	61,5217
A3	24,8024	1/2 . 7,21 = 3,605	89,412652	= 5,450657877
	61,5217		335,337387	

cek $\bar{y}$ kiri + $\bar{y}$ kanan = 11,45

5,999342123 + 5,450657877 = 11,45 (benar)

Titik berat dari atas

Bagian	Luas (Ai)	yi	Ai yi	$\bar{y} = \frac{\Sigma(Ai\,yi)}{\Sigma(Ai)}$
A1	18,1896	2/3 . 8,58 = 5,72	104,044512	= 337,684699
A2	18,5297	2/3 . 5,14 = 3,4267	63,49572299	61,527
A3	24,8024	(1/2 . 3,44) + 5,14 = 6,86	170,144464	= 5,488887139
	61,5217		337,684699	

Titik berat dari bawah

Bagian	Luas (Ai)	yi	Ai yi	$\bar{y} = \frac{\Sigma(Ai\,yi)}{\Sigma(Ai)}$
A1	18,1896	1/3 . 8,58 = 2,86	52,022256	= 190,171487
A2	18,5297	(1/3 . 5,14) + 3,44 = 5,1533	95,48910301	61,5217
A3	24,8024	1/2 . 3,44 = 1,72	42,660128	= 3,09112861
	61,5217		190,171487	

cek $\bar{y}$ atas + $\bar{y}$ bawah = 8,58

5,488887139 + 3,09112861 = 8,58 (benar)

Kirana Nuansa Henri

GELATIK

Tabel momen inersia Ix

Bagian	Luas (A)	d	Ad^2
A_1	18,1896	3,09112861 - 2,86 = 0,23112861	0,9716963328
A_2	18,5297	3,44 - 3,09112861 + 1,7133 = 2,06217139	78,79849133
A_3	24,8024	3,09112861 - 1,72 = 1,37112861	46,62835488
	61,5217		

Ix'	Ix (Ad^2+Ix')
$\frac{1}{36} \cdot 4,24 \cdot 8,58^3 = 74,39182608$	75,36352241
$\frac{1}{36} \cdot 7,21 \cdot 5,14^3 = 27,19707012$	105,9955615
$\frac{1}{12} \cdot 7,21 \cdot 3,44^3 = 24,45847339$	71,08682827
	282,4459122

Tabel momen inersia Iy

Bagian	Luas (A)	d	Ad^2
A_1	18,1896	1,4133 + (5,999342123 - 4,24) = 3,172642123	183,0902935
A_2	18,5297	2,4033 - (5,999342123 - 4,24) = 0,643957877	7,683928374
A_3	24,8024	7,21 - 3,605 - (5,999342123 - 4,24) = 1,300657877	80,41852768
	61,5217		

Iy'	Iy (Ad^2+Iy')
$\frac{1}{36} \cdot 4,24^3 \cdot 8,58 = 18,16696405$	201,2572575
$\frac{1}{36} \cdot 7,21^3 \cdot 5,14 = 53,51387654$	61,19780491
$\frac{1}{12} \cdot 7,21^3 \cdot 3,44 = 107,4442035$	187,8627312
	450,3177936

Kirana Nuansa Henri

GELATIK

5) Keseimbangan benda terapung (x = 2, y = 4, z = 1)

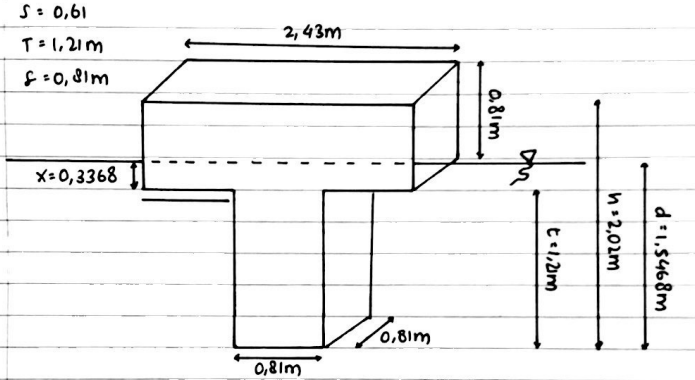
Sebuah benda yang terbuat dari bahan dengan rapat relatif 0,61 mempunyai tinggi 1,21 m dan tampang berupa balok T dengan semua panjang sisinya sama, yaitu 0,81 m diapungkan dalam air dengan sumbu panjangnya vertikal. Hitung tinggi metasentrum dan selidiki stabilitas benda.

Diketahui =

S = 0,61

T = 1,21 m

f = 0,81 m



Ditanya = Tinggi metasentrum dan stabilitas benda

Penyelesaian =

STEP 1 (Mencari γ benda)

$$S = \frac{\gamma \text{ benda}}{\gamma \text{ air}}$$

$$0{,}61 = \frac{\gamma \text{ benda}}{1000\ kgf/m^3}$$

γ benda = 610 kgf/m^3

STEP 2 (Mencari berat benda)

Berat benda = w = Fb = V · γ

FG = $(V_1 + V_2) \times \gamma$ benda

= $((0{,}81 \cdot 0{,}81 \cdot 1{,}21) + (2{,}43 \cdot 0{,}81 \cdot 0{,}81)) \times 610\ kgf/m^3$

= $2{,}388204\ m^3 \times 610\ kgf/m^3$

= 1456,804444 kgf

Berat air yang dipindahkan

FB = $(V_1 + V_2) \times \gamma$ air

= $((0{,}81 \cdot 0{,}81 \cdot 1{,}21) + (2{,}43 \cdot 0{,}81 \cdot u)) \times 1000\ kgf/m^3$

= $(0{,}793881 + 1{,}9683u)\ m^3 \times 1000\ kgf/m^3$

= 793,881 + 1968,3u kgf

Kirana Nuansa Henri

GELATIK

STEP 3 (Mencari kedalaman benda terendam)

FG = FB

$1456,804444 = 793,881 + 1968,3\,x.$

$$x = \frac{662,923444}{1968,3}$$

$x = 0,3368$ m

$d = x + \text{tinggi}$

$= 0,3368 + 1,21$

$= 1,5468$m

Tidak terendam $= 2,02 - 1,5468 = 0,4732$m

STEP 4 (Mencari jarak pusat benda dengan titik berat)

Tabel momen luasan (dari bawah)

Bagian	Luas (Ai)	$\bar{y}i$	Ai $\bar{y}i$
A1	$2,43 \times 0,81 = 1,9683$	$0,81/2 + 1,21 = 1,615$	3,1788045
A2	$0,81 \times 1,21 = 0,9801$	$1,21/2 = 0,605$	0,5929605
	2,9484		3,771765

$$\bar{y} = \frac{\Sigma(Ai\bar{y}i)}{\Sigma(Ai)} = \frac{3,771765}{2,9484} = 1,279258242 \approx 1,279$$

Tabel momen luasan (dari atas)

Bagian	Luas (Ai)	$\bar{y}i$	Ai$\bar{y}i$
A1	$2,43 \times 0,81 = 1,9683$	$0,81/2 = 0,405$	0,7971615
A2	$0,81 \times 1,21 = 0,9801$	$1,21/2 + 0,81 = 1,415$	1,3868415
	2,9484		2,184003

$$\bar{y} = \frac{\Sigma(Ai\bar{y}i)}{\Sigma(Ai)} = \frac{2,184003}{2,9484} = 0,740741758\overline{2} \approx 0,741$$

cek $\bar{y}$ bawah + $\bar{y}$ atas = 2,02

$1,279 + 0,741 = 2,02$

$2,02 = 2,02$ (benar)

OG = 1,279m

STEP 5 (Mencari jarak pusat apung dengan titik berat)

Tabel momen luasan (dari bawah)

Bagian	Luas (Ai)	$\bar{y}i$	Ai$\bar{y}i$
A1	$2,43 \times 0,3368 = 0,818424$	$0,3368/2 + 1,21 = 1,3784$	1,1281156 42
A2	$0,81 \times 1,21 = 0,9801$	$1,21/2 = 0,605$	0,5929605
	1,798524		1,721076142

$$\bar{y} = \frac{\Sigma(Ai\bar{y}i)}{\Sigma(Ai)} = \frac{1,721076142}{1,798524} = 0,956933\overline{1015} \approx 0,9569$$

Kirana Nuansa Henri

GELATIK

Tabel momen luasan (dari atas)

Bagian	Luas(Ai)	yi	Ai yi
A1	2,43x0,3368 = 0,818424	0,3368/2 = 0,1684	0,1378226016
A2	0,81 x 1,21 = 0,9801	1,21/2+0,3368 = 0,9418	0,923305818
	1,798524		1,060880782

$\bar{y} = \frac{\Sigma(Aiyi)}{\Sigma(Ai)} = \frac{1,060880782}{1,798524} = 0,589861888 \approx 0,5899$

Cek $\bar{y}$ bawah + $\bar{y}$ atas = 1,5468

0,9569 + 0,5899 = 1,5468

1,5468 = 1,5468 (benar)

OB = 0,9569m

STEP 6 (Mencari jarak pusat benda ke pusat apung)

BG = OG − OB = 1,279 − 0,9569 = 0,3221 m

STEP 7 (Mencari momen inersia □ persegi)

$I\square = \frac{1}{12} s^4 = \frac{1}{12} \cdot 0,81^4 = 0,035872267 5 m^4$

STEP 8 (Mencari volume yang dipindahkan)

V = La · t

V = s^2 · h bawah

= s^2 · d

= $0,81^2$ · 1,5468

= $1,014855483 m^3$.

STEP 9 (Mencari jarak pusat apung ketitik metasentrum)

$BM = \frac{I\square}{V} = \frac{0,035872267 5 m^4}{1,014855483 m^3} = 0,035347168 35 m.$

STEP 10 (Mencari tinggi metasentrum)

GM = BM − BG = 0,03534716835 − 0,3221 = −0,2867528317

Karena nilai GM(−), maka lokasi m berada di bawah Pusat berat G.

Berarti benda tidak stabil.

Icrrana Nuansa Henri

GELATIK