

DESKRIPSI MATA KULIAH

Mata Kuliah / Kode : Mekanika Fluida / MSN
Bobot SKS : 2 (dua) SKS
Semester : 2 (dua)
Dosen / Kode : Enda Permana, Drs., MSc.(MEng) /

No	POKOK BAHASAN	SUB POKOK BAHASAN	MATERI	ALOKASI WAKTU
1	Propersi Fluida	Konsep Mekanika Fluida Pengertian Fluida Propersi Fluida		
2	Tekanan Fluida	Tekanan Statis Tekanan Barometer Tekanan Absolut		
3	Tekanan Hidrostatik	Tekanan Total Pada Bidang Momen Inertia Dari Bidang- Bidang Teratur Tekanan Statis Pada Pintu Air		
4	Keseimbangan Benda Terapung	Keadaan Benda Dalam Fluida Gaya Apung		
5	Cairan Dalam Keadaan Stimbang Relatif	Cairan Dalam tabung Yang Bergerak Dengan Percepatan Tetap. Cairan dalam Tabung Dengan Gerakan Putar. Fluida Yang Bergerak Relatif		
6	Aliran Zar Cair	Jenis-Jenis Aliran Fluida Laju Aliran Fluida Perubahan Momentum dan Energi Alian		
7	Alat Ukur Aliran Fluida	Venturi Meter Pitot Tube (Pipa Pitot) Orifice Meter		

I. PROPERSI FLUIDA

1.1 Pendahuluan

Mekanika Fluida adalah ilmu yang mempelajari gerakan dari fluida melalui pendekatan eksperimen dengan bantuan hukum-hukum fisika. Fluida terdiri dari zat-zat cair dan gas. Kedua zat ini tidak mempunyai tahanan yang tetap terhadap gaya yang bekerja padanya sehingga mudah mengalami perubahan bentuk sesuai dengan bentuk yang ditempatinya. Keadaan yang demikian menyebabkan fluida cenderung untuk selalu mengalir atau membuat arus oleh karena gaya-gaya geser yang bekerja pada setiap lapisan fluida berbeda. Jika fluida dalam keadaan diam, artinya tidak ada gaya geser yang bekerja dan semua gaya yang bekerja ada dalam keadaan setimbang.

Perbedaan antara cairan dengan gas adalah cairan tidak dapat ditekan (dimanfaatkan) dan memiliki bentuk sesuai dengan tempatnya. Gas mudah ditekan dan mengembang memenuhi seluruh ruangan tempatnya berada dan tidak membentuk batas yang sama dengan udara bebas. Permukaan cairan biasanya membentuk batas yang sama dengan udara bebas.

Mekanika Fluida dibagi dalam dua jenis pokok bahasan yaitu Kinematika dan Dinamika. Pada kinematika, gerakan fluida ditelaah tanpa memperhitungkan gaya-gaya yang bekerja padanya.

Pembahasan mekanika fluida kebanyakan menggunakan medium air sebagai studi, karena air dijadikan standar untuk fluida-fluida lainnya (ingat standar berat jenis benda adalah air). Mekanika fluida yang khusus membahas tentang gaya-gaya yang bekerja pada air disebut sebagai Hidrolika. Dengan demikian, jika kita mempelajari Hidrolika maka sebagian besar pengetahuan atau ketentuan-ketentuan umum tentang karakteristik fluida ada di dalamnya.

Pembahasan mekanika fluida akan lebih mudah jika diketahui propersi atau sifat-sifat umum yang dimiliki oleh fluida itu.

1.2. Fluida

Sifat-sifat dari fluida sangat ditentukan oleh bentuk dan jenis molekulnya serta keaktifan molekul-molekul tersebut. Molekul-molekul fluida sangat berbeda susunannya

dengan molekul zat padat. Pada umumnya molekul-molekul fluida sangat mudah untuk bergerak jika padanya bekerja gaya yang relative kecil, berbeda dengan molekul-molekul zat padat. Misalnya lapisan-lapisan plat besi jika salah satu plat besi bergerak, lapisan lainnya belum tentu turut bergerak.

Sifat fluida yang lainnya adalah tidak dapat menahan gaya-gaya tangensial atau gaya geser antar lapisan (shear forces).

Pada cairan gaya tarik menarik antara molekulnya sedikit lebih besar dibandingkan dengan gas. Keadaan ini menyebabkan adanya perbedaan sifat-sifat antara cairan dengan gas, terutama terhadap pemuaian-pemuaian yang disebabkan oleh pemanasan. Keadaan tersebut dapat diduga karena jarak antar molekul pada cairan jauh lebih rapat dibandingkan dengan gas. sehingga keadaan fluida kemungkinan dalam bentuk kental, encer, pekat dan netral, sifat tersebut akan dibahas pada viscosita fluida.

Pada perubahan dari fase cair menjadi gas terdapat fase uap. Oleh karena itu ada sebagian ahli pengetahuan menyatakan bahwa uap juga termasuk dalam klasifikasi fluida.

1.3. Properti dari Fluida

Properti fluida dapat dijadikan parameter untuk membahas mekanika fluida. Properti tersebut antara lain adalah :

- a. Specific weight, merupakan perbandingan antara berat fluida dengan volume yang dimilikinya, dinyatakan dengan notasi γ . Jadi

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (\text{N/m}^3)$$

- b. Density, merupakan perbandingan antara massa fluida dengan volume yang dimilikinya, dinyatakan dengan notasi ρ . Jadi;

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{Kg/m}^3)$$

- c. Specific gravity, adalah perbandingan antara specific weight suatu benda (zat) dengan specific weight air pada 4 °C. Jadi:

$$\delta = \frac{\gamma_{ZAT}}{\gamma_{AIR}}$$

- d. Compressibility (β_p), adalah perubahan volume fluida karena tekanan yang diberikan padanya . Perubahan volume tersebut dinyatakan sebagai koefisien compressibility fluida tersebut jadi :

$$\beta_p = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dp} \quad (\text{cm}^2/\text{kg})$$

Tanda negative menyatakan bahwa penambahan tekanan akan diikuti oleh pengurangan volume. jika dipandang dari density fluida maka koefisien compressibility dapat dinyatakan sebagai “bulk” atau modulus elastis, dalam bentuk persamaan:

$$K = \rho \cdot \frac{dp}{d\rho} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Modulus elastis ini dipengaruhi oleh temperature dan tekanan. Misalnya air akan berubah modulus elastisnya dari $K = 18900 \text{ kg/m}^2$ pada $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $p = 5 \text{ Kg/cm}^2$ menjadi $K = 22170 \text{ kg/cm}^2$ pada $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $p = 5 \text{ kg/cm}^2$.

- e. Thermal expansion (β_t), perubahan relatif volume suatu fluida jika temperaturnya dinaikan $1 \text{ }^\circ\text{C}$, jadi:

$$\beta_t = \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dt}$$

Untuk air berubah mengikuti temepatur dari 44.10^{-6} pada $0 \text{ }^\circ\text{C}$ dan 1 kg/cm^2 menjadi 700.10^{-6} pada $100 \text{ }^\circ\text{C}$ dan 100 kg/cm^2 . Untuk minyak berkisar antara $\frac{1}{2}$ sampai duakali dari air.

- f. Viskositas (μ), merupakan koefisien kekentalan dari fluida yang diam tidak menahan gaya geser, sebab gaya geser bekerja diantara lapisan-lapisan fluida tersebut, sehingga kecepatan fluida yang mengalir akan berbeda padasetiap

lapisannya. semakin kental suatu fluida maka kecepatan gerakannya makin lambat. Pergeseran antara lapisan-lapisan tersebut membutuhkan gaya gesek, sehingga setiap lapisan memiliki kecepatan relatif terhadap lapisan yang dekat dengannya.

Gaya geser pada tiap satuan luas yang diperlukan untuk memberikan kecepatan pada lapisan fluida tertentu, dinyatakan sebagai kekentalan dinamis (dynamic viscosity) :

.....

dimana μ = dynamic (absolute) viscosity fluida

$\frac{dv}{dy}$ = perubahan kecepatan

dy = perubahan jarak dari dinding aliran

.....merupakan perbandingan antara perubahan kecepatan dengan perubahan jarak dari dinding saluran. Untuk luas S maka gesekan antar lapisan yang terjadi (shearing strain) adalah

.....

Pada umumnya yang perlu diketahui adalah absolute viscosity..... dengan demikian :

.....

.....

Ada kalanya kekentalan fluida dinyatakan dalam bentuk viscositas kinematika (ν), dimana :

.....

Jadi ν adalah perbandingan antara absolute viscosity dengan density.

Satuan untuk ν adalah Stoke, dimana 1 stoke = 1 cm²/ sec. Viscositas dari fluida dipengaruhi oleh temperatur, pertambahan temperatur akan mengurangi viscositas dari fluida tersebut. Khusus untuk gas viscositasnya akan naik sesuai dengan kenaikan temperatur gas tersebut.

Menurut Poissuille :

g. Surface Tension (σ)

Surface tension (tegangan permukaan) adalah gaya tarik menarik antar molekul yang berbeda (kohesi) yang menyebabkan terjadinya perubahan bentuk permukaan fluida.

Untuk air $\gamma = 0,000074 \text{ kg/cm}$. Permukaan pada pipa kapiler adalah cekung sedangkan permukaan air raksa (Hg) cembung.

Jika θ adalah sudut kemiringan dengan permukaan horizontal, maka gaya tarik/tegangan permukaan

.....

untuk : d = diameter pipa kapiler

h = tinggi cairan naik

γ = specific weight cairan

Sedangkan gaya berat cairan tertinggi (h) adalah

$W = \dots\dots\dots$

maka,.....

Contoh soal

1. Tentukan besar tekanan yang harus diberikan pada air agar volumenya berkurang 1%, jika bulk modulus elastis dari air 22300 kg/cm². Hitung pula

HIDROSTATIKA
TEKANAN FLUIDA

2.1. Tekanan statis

Tekanan didefinisikan sebagai gaya yang bekerja untuk tiap satuan luas permukaan bidang.

.....

F adalah gaya berat atau gaya tekan dalam satuan Newton (N) dan A adalah luas dalam m^2 .

Dalam bentuk lain dapat ditulis

Di sini M adalah massa dan g gravitasi.

Untuk fluida (lihat gambar), gaya berat fluida setinggi h adalah volume dikali specific weightnya atau sedangkan volumenya : $V = \text{luas alas} \times \text{tinggi}$ atau $V = A.h$

Dengan demikian besar gaya tekan fluida terhadap dasar tabung adalah :

.....

Hal ini menyatakan bahwa untuk kedalaman fluida yang sama, maka besar tekanannya sama pula (ingat Pascal).

Contoh : Hitung besar tekanan pada kedalaman 100 m air laut dengan specific gravitynya 1,25

Jawab :

.....

Dalam keadaan diam (statis), menurut Hukum Pascal, besarnya tekanan ke segala arah adalah sama. Hal ini dapat dibuktikan dengan bantuan hukum keseimbangan Newton sebagai berikut :

..... Pandanglah suatu bidang segitiga di dalam fluida, keadaannya seimbang karena bekerja gaya-gaya P_1 , P_2 dan P_3

.....

.....

Besar sudutadalah sembarang, dengan demikian dapat dinyatakan bahwa besarnya tekanan pada setiap titik pada fluda dalam keadaan statis adalah sama untuk setiap arah.

Contoh :

Gaya sebesar 850 N menekan silinder suatu dongkrak hydraulic yang las alasnya 15 cm² dan 150 cm². Hitunglah gaya yang dapat didukung oleh silinder besar jika:

- a. kedua silinder horizontal (tingginya sama)
- b. perbedaan tinggi kedua silinder 0,75 m (yang besar di bawah)

.....
.....

Masa benda yang dapat diangkat

.....
.....

Dari penjelasan di atas dapat dinyatakan bahwa, besar tekanan dipermukaan adalah 0 (nol), dan bertambah besar sampai kedalaman maximum dari fluida tersebut.

.....

..... Besar dari gaya statis pada tiap-tiap lapisan fluida dapat digambarkan
..... sebagai segitiga gaya tekanan fluida seperti di samping.

2.2. Tekanan Barometer

..... Barometer digunakan untuk mengukur tekanan udara (atmosfer)
.....dipermukaan bumi. Besar tekanan atmosfer dipermukaan laut rata-rata
.....1,030 kg/cm² air atau 76 cm Hg. Besar tekanan ini dikemukakan oleh
.....Toricelly

2.3. Tekanan absolut

Tekanan absolut merupakan tekanan dalam ruang ditambah dengan tekanan atmosfer.

Jadi :

dimana : Pa = tekanan absolut

Pat = tekanan atmosfer (Barometer)

Pgage = tekanan ukur (Manometer)

Untuk tekanan dalam ruangan vakum makabesarnyatekanan absolute adalah tekanan atmosfer dikurangi tekanan ...

.....

2.4. Manometer

Manometer digunakan untuk mengukur tekanan di dalam suatu ruangan dengan menggunakan medium air raksa.

Manometer terdiri dari dua jenis yaitu :

a. manometer simple

b. manometer differensial

Contoh dari manometer simple misalnya, tabung Piezometer, tabung pipa U dan Single Column manometer.

.....
.....

Contoh dari differential manometer antara lain, two piezometer manometer, inverted U tube manometer, differential U tube manometer dan micromanometer.

A. Two piezometer manometer

.....

B. Inverted U tube Manometer

.....

a. Pipa lurus

.....

b. Pipa berbeda ketinggian dan fluida yang berbeda

.....

c. Differential U tube Manometer

BAB III
TEKANAN HYDROSTATIK

3.1. Tekanan Total Pada Bidang

Setiap bidang yang melakukan kontak dengan permukaan atau lapisan fluida, akan mendapat tekanan dari fluida disekelilingnya, pada batas persinggungan kedua-duanya. Besar tekanan total yang dialami oleh bidang tersebut adalah tekanan fluida dikali luas permukaan bidang tersebut,

atau $P_t = P \cdot A$

- P_t = tekanan total pada bidang
- P = tekanan fluida
- A = luas bidang

Karena fluida berada dalam keadaan diam, maka arah gaya adalah tegak lurus terhadap bidang. Keadaan ini disebabkan gaya geser (*shear stress*) pada fluida tidak bekerja.

Jumlah dari gaya yang bekerja dapat dinyatakan sebagai “resultan gaya” yang bekerja pada “pusat tekanan”.Keadaan tersebut berlaku untuk permukaan bidang yang datar. Untuk bidang yang lengkung, maka gaya yang bekerja pada bidang lengkung itu tidak sejajar, melainkan menuju ke arah pusat, sehingga resultannya lebih kecil dibandingkan dengan resultan gaya pada bidang datar.

a. Tekanan pada Bidang Datar

..... Tekanan bagian untuk laju perubahan luas dA adalah :

.....

dimana : P_0 = tekanan atmosfer pada permukaan fluida

h = kedalaman terhadap permukaan luas dA .

Untuk mendapatkan tekanan total P_t dilakukan integral terhadap luas permukaan A .

.....
.....

Dimana Y adalah jarak dari titik dA ke sumbu X

Harga dari....., secara mekenika dinyatakan sebagai momen luas A,dari sumbu OX dan harganya sama dengan hasil kali luas dengan jarakk terhadap sumbu (Yd) yang merupakan titik gaya berat sumbunya.

Jadi.....

Dengan demikian :.....

Diman h_c = jarak pusat titik berat ke permukaan fluida.

Akhirnya :

.....

Dimana P_c = tekanan fluida di c

Keadaan ini menyatakan bahwa “ tekanan total fluida pada bidang adalah merupakan hasil kali luas bidang (A) dengan tekanan static pada pusat titik berat bidang “.

Jika P_0 adalah tekanan atmosfir, maka tekanan pengukuran pada bidang yang berada dalam fluida adalah:

.....

.....

Pusat tekanan pada bidang dapat ditemukan dengan cara analisa sebagai berikut :

..... Secara mekenika dinyatakan bahwa momen
..... dari resultan gaya-gaya terhadap sumbu X
..... adalah merupakan jumlah momen dari
..... tiap komponen gaya tekan fluida terhadap
..... bidang.

..... Jadi :

..... Dimana Y_d adalah jarak pusat tekanan ke sumbu X.

Untuk $P_t = \dots\dots$

Persamaan tersebut dapat ditulis dA , sebagai berikut :

.....

Dimana adalah momen inersia dari permukaan luas bidang A terhadap sumbu X.

Selanjutnya didapat :

.....

Dimanaadalah momen inersia dari permukaan luas bidang A terhadap sumbu X dengan jarak dari pusat titik beratnya.

Jadi :

Dari sini dapat dinyatakan bahwa pusat tekanan pada bidang yang berada dalam fluida adalah di bagian bawah dari pusat titik beratnya sejauh :.....

Untuk bidang tekanan fluida yang berbentuk segitiga maka pusat tekanan bekerja pada bagian $1/3$. b. Dimana b adalah panjang bagian tercelup pada fluida.

Gaya df menimbulkan momen $Y \cdot df$ terhadap titik d

Jumlah momen didapat dari integral $\dots \cdot dF$

Momen ini dihasilkan oleh momen-momen gaya total F yang bekerja pada jarak YF dari titik d, jadi :

.....

Dimana $F =$

dan $F \cdot Y \cdot F = \dots\dots\dots$

.....

Dalam hal ini I adalah momen inersia dari luas terhadap sumbu X dengan jarak Y dan ... jarak ke pusat tekanan. Rumus tersebut dapat ditulis lebih sederhana yaitu :

.....

Dimana $I_G =$ momen inersia dari luas terhadap sumbu X dengan jarak sampai pusat tekanan, maka :

.....

.....

Dari gambar dapat dilihat bahwa pusat tekanan benda sejauh dari pusat titik berat.

Untuk $k = \dots$, maka $YF = \dots\dots\dots$

Dimana $k =$ radius gradien

Contoh soal:

b. Tekanan pada bidang lengkung

Keadaan ini dapat dibagi dalam dua jenis, yaitu fluida dibagian dalam sekungan dan fluida dibagian luar sekungan.

..... Untuk kasus pertama (a) permukaan bagian dalam AB diisi oleh fluida. Disini gaya P yang bekerja pada bidang AB merupakan resultan dari gaya vertical (Pv) dan gaya horizontal (Ph).....

Av adalah luas vertical dari bagian fluida yang menekan AB.(luas tegak sebagai proyeksi dari AB).....

Dimana : Ah adalah luas horizontal dari permukaan fluida yang menekan AB

G adalah berat dari cairan yang berada dibagian atas AB

Selanjutnya:

Untuk kasus kedua (b), hampir sama dengan kasus (a) dengan arah gaya yang berlawanan.

.....

..... pada kasus (a) G merupakan berat fluida yang menekan bidang AB dengan volume ABCD, pada (b) ruangan tersebut kosong, jadi $G = 0$ (nol).

Pusat tekanan dapat diketahui jika arah gaya Pv dan Ph diketahui, biasanya mengarah pada pusat lingkungan. Sudut gaya total dengan bidang horizontal :

.....

3.2. Momen Inersia dari Bidang-bidang Teratur

3.3. Tekanan Statis Pada Pintu Air

Pada umumnya bendungan air atau dam, memerlukan pintu air untuk pembuangan atau lalu lintas perahu atau both. Bentuk sederhana dari pintu-pintu air dapat digambarkan sebagai berikut :

.....

.....

Perhatikan pintu AB dan BC, memisahkan 2 permukaan air. Kedua pintu melakukan kontak di titik B, sudut normal pintu adalah ...

Ambil : P = tekanan air pada AB bekerja normal pada pintu air

F = gaya pintu CB pada pintu AB

R = gaya reaksi dari engsel pintu

keadaan seimbang jika resultan gaya-gaya tersebut adalah nol (0) yang bekerja pada titik O.

Gaya yang bekerja sejajar dengan AB adalah :

.....

Gaya yang bekerja pada titik O, yang tegak lurus AB adalah :

.....

.....

Untuk mendapatkan reaksi pada bagian puncak dan dasar pintu air, misalkan :

RT = reaksi pada puncak pintu (engsel)

RB = reaksi pada dasar pintu (engsel)

h1 = permukaan air tertinggi

A1 =luas pintu pada bagian yang terendam h1

P1 = tekanan air pada bagian permukaan h1

h2, A2 dan P2 notasi untuk bagian permukaan rendah

d = jarak antara engsel atas dengan engsel bagian bawah

Maka:

.....bekerja pada.... dari dasar pintu

.....bekerja pada.... dari dasar pintu

Arah P1 dan P2 adalah berlawanan, maka rresultan gaya :.....

Setengah dari P1 dan P2 melawan gaya dari engsel atas dan bawah dari pintu dan setengah lagi untuk pintu lainnya. Momen yang bekerja pada engsel bagian bawah adalah:

.....

d1 adalah jarak engsel bawah ke dasar pintu.

Gaya yang bekerja tegak lurus pada pintu adalah

.....

dari persamaan (a) dan (b) maka RT dan RB dapat dicari. Jika engsel tepat dipuncak dan dasar pintu maka.....

BAB IV KESEIMBANGAN BENDA TERAPUNG

4.1. Keadaan Benda dalam Fluida

Benda yang berada di lingkungan zat cair memiliki tiga kemungkinan posisi yaitu terapung, melayang dan tenggelam.

Sesuai dengan prinsip Archimedes yang menyatakan bahwa setiap benda yang dicelupkan ke dalam zat cair akan mendapat tekanan ke atas seberat volume zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut. Jika zat cair yang dipindahkan oleh benda itu bervolume V , maka berat dari cairan yang berpindah itu adalah

Jika berat benda yang dicelup tersebut W_b dengan volume V_b , maka specific weight dari cairan adalah

Dari fenomena di sekitar kita dapat kita lihat bahwa keadaan benda dalam zat cair akan tenggelam jika, melayang jika dan terapung jika

4.2. Gaya Apung

Gaya apung suatu benda yang berada dalam cairan adalah resultan tekanan ke atas dari fluida terhadap benda tersebut yang besarnya sama dengan berat cairan yang dipindahkan oleh benda itu.

Jika gaya apung lebih besar dari berat benda maka benda akan terapung. Jika berat benda sama dengan gaya apung maka benda akan melayang dan seterusnya jika berat benda lebih besar dari gaya apung maka benda akan tenggelam.

Titik kerja dari gaya apung berada pada pusat gaya apung yang biasanya berada pada titik berat benda yang terendam air. Sedangkan meta center berada pada perpotongan antara garis kerja resultan gaya berat (untuk benda yang sudah berubah posisi) dengan garis vertical awal dari kedudukan semula.

.....Berat W bekerja melalui titik berat G dan gaya tekan ke atas R bekerja melalui titik pusat apung B yang juga merupakan titik berat dari cairan yang dipindahkan.

Dalam keadaan diam gaya-gaya bekerja pada garis vertical yang sama dan seimbang. Jika benda berubah posisi, gaya berat W tetap bekerja pada G dan volume cairan yang dipindahkan tetap sebab $R = W$, tetapi bentuknya berubah serta kedudukan titik berat dan titik pusat apung akan berubah.

..... Pada gambar terlihat bentuk cairan yang dipindahkan adalah segitiga, sehingga titik pusat apungnya berpindah ke B_1 akibatnya gaya R dan W tidak lagi bekerja pada satu garis vertikal. Dengan demikian akan terjadi momen sebesar $W \cdot X$ sebagai momen pengembalian ke posisi awal atau mungkin pula momen guling.

Titik M adalah titik meta center yang merupakan perpotongan garis kerja gaya R dengan garis vertical benda (Y)

Perhatikan penjelasan gambar berikut:

..... Yang bekerja hanya gaya vertical

.....

..... Ada momen yang timbul sebab titik B bergeser menjauhi garis vertical dari benda

Seimbang, jika($R + W$)

..... (tidak mungkin)

Jadi ada kemungkinan :

1. Seimbang dan stabil
2. Seimbang dan tidak stabil
3. Seimbang dan netral

.....

seimbang

seimbang tapi tidak stabil

1. M di atas G, merupakan momen untuk pengembalian ke posisi semula GM
2. M di bawah G, momen guling. GM dianggap negatif, tanda tidak stabil.
3. M berimpit dengan G, terjadi keseimbangan netral.

..... AC = permukaan air mula-mula.

.... = permukaan setelah oleng ...

B = titik apung mula-mula

..... = titik apung setelah oleng karena perubahan permukaan air.

.....

Untuk ... yang kecil maka= BM...

Titik pusat apung adalah titik berat cairan yang dipindahkan. volume kapal berubah dari jika kedudukan ditentukan / diketahui, maka ... dapat dihitung BM dapat ditentukan.

Jarak G dan M dinyatakan sebagai “ tinggi metacentrie “. Untuk .. yang kecil maka momen pengembalianposisi semula $W \cdot X = W \cdot GM$ (sebab untuk ... yang sangat kecil $\tan \dots\dots\dots$) Ada tiga kemungkinan yang terjadi mengenai posisi titik M ini, yaitu :

1. M terletak di atas G, akan menimbulkan momen pengembalian ke posisi awal. GM dianggap positif, keadaan benda stabil.
2. M terletak di bawah G, akan menimbulkan momen guling, GM dianggap negative, keadaan benda tidak stabil.
3. M berimpitan dengan G, benda dalam keseimbangan netral.

Mencari O

Kapal oleng, tetapi berat cairan yang dipindahkan adalah tetap, jadi.....

Ambil bidang elementer seluas a , sejauh X pada bidang datar permukaan air dari sumbu putar $O - O$, bidang elementer a ini akan bergerak dan volume