

STATIKA FLUIDA

M. PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	25-6-94
DITERIMA TGL	h.a.
SUMBER/HARGA	KKI
KOLEKSI	117 (h.a. 194 - S. 12)
NO INVENTARIS	020.1073 Drs. D.
K. A. B. K. A. S. I	

Oleh :

DRS. DASWARMAN
JUR : PT. OTOMATIF



FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
IKIP PADANG
1993

STATIKA FLUIDA

Oleh :

Drs. Daswarman

Pendidikan Teknik Otomotif

Diterbitkan Oleh UPT Pusat
Media Pendidikan

FPTK - IKIP Padang
1993

UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

DAFTAR ISI

	halaman
Kata Pengantar	i
Daftar isi	ii
Daftar gambar	iii
BAB. I. Pendahuluan	1
A. Tinjauam umum tentang fluida	1
B. Sifat sifat fluida	1
BAB.II. Statika fluida	15
A. Fluida	15
B. Tekanan	15
C. Pengukur tekanan fluida	17
BAB.III.Persamaan Bernoulli	44
A. Energi dari cairan yang bergerak	44
B. Contoh pemakaian persamaan Bernoulli	45
BAB.IV. Hidrostatik	50
A. Pendahuluan	50
B. Jumlah tekanan atau gaya hidrostatik	50
C. Jumlah tekanan pada suatu permukaan rata dalam zat cair	51
D. Jumlah tekanan pada bidang datar dan miring	52
E. Pemakaian hidrostatik	55
Daftar pustaka	74.

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peristiwa capiler	5
2. Aliran fluida	8
3. Fluida dibawah tekanan hidrostatik	16
4. Barometer Torricelli	18
5. Manometer tabung terbuka untuk pengukur tekanan di- dalam tangki	18
6. Tekanan positif dan negatif	20
7. Perbedaan tinggi oli	22
8. Manometer	24
9. Manometer bentuk U	25
10. Manometer dengan bejana konis	26
11. Vertical micromanometer	28
12. a. Manometer cairan sama	31
b. Manometer cairan beda	31
13. Pengukur tekanan tabung Bourdon	37
14. Pengukur diafram	38
15. Pengukur tekanan bobot mati	39
16. Tangki dan manometer	40
17. Bejana tertutup	42
18. Bidang rata dalam cairan	51
19. Bidang miring	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peristiwa capiler	5
2. Aliran fluida	8
3. Fluida dibawah tekanan hidrostatik	16
4. Barometer Torricelli	18
5. Manometer tabung terbuka untuk pengukur tekanan di- dalam tangki	18
6. Tekanan positif dan negatif	20
7. Perbedaan tinggi oli	22
8. Manometer	24
9. Manometer bentuk U	25
10. Manometer dengan bejana konis	26
11. Vertical micromanometer	28
12. a. Manometer cairan sama	31
b. Manometer cairan beda	31
13. Pengukur tekanan tabung Bourdon	37
14. Pengukur diafram	38
15. Pengukur tekanan bobot mati	39
16. Tangki dan manometer	40
17. Bejana tertutup	42
18. Bidang rata dalam cairan	51
19. Bidang miring	53

BAB I

PENDAHULUAN

A. Fluida.

Halliday Resnick dan Pantur Silaban (1987, 553) dalam bukunya mengatakan orang sudah lazim menggolongkan materi, yang ditinjau secara makroskopik, ke dalam benda padat dan fluida. Suatu fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir. Jadi istilah fluida termasuk cairan dan gas. Klasifikasi seperti itu tidaklah jelas. Beberapa fluida, seperti gelas atau ter (pitch), mengalir begitu lambat sehingga berperilaku seperti benda padat untuk interval interval waktu yang biasanya digunakan untuk bekerja dengan benda benda tersebut. Plasma, yang merupakan gas yang sangat terionisasi tidak cocok untuk digolongkan kedalam salah satu dari kategori ini.

Mekanika fluida dikatakan juga ilmu mekanik zat cair juga termasuk didalamnya air, mesin hidraulik. Untuk itu dibawah ini dilihat sifat sifat umum dari air yaitu sebagai berikut:

B. Sifat sifat dari pada air adalah:

1. Air dalam keadaan diam permukaannya selalu rata.
2. Air menekan kesegala arah.
3. Tekanan air adalah sama pada setiap tingginya dan kemudian tekanannya meningkat pada kedalaman.
4. Kecepatan air adalah bergantung pada bentuk saluran.
5. Kecepatan air adalah lebih besar dipusat dari pada disisi saluran.

6. Kecepatan air dalam saluran tergantung pada permukaan dan sisi dari pada saluran, kehalusan dari pada sisi saluran dapat meningkatkan kecepatan.

Secara umum tidak terlalu sulit untuk membedakan sifat zat cair dengan benda padat atau gas. Benda padat mempunyai bentuk yang tetap sampai sesuatu gaya bekerja padanya, akan tetapi sebaliknya zat cair mempunyai bentuk sama dengan tempatnya dimana zat cair tersebut berada, dan pada bagian lain gas langsung mengisi penuh tempat dimana dia diisikan. Diantara banyak zat cair, maka dalam buku ini dicoba membahas tentang sifat sifat khusus air, diantara sifat air yang lain adalah sebagai berikut:

- a. Density
- b. Spesifik Weight
- c. Spesifik gravity
- d. Compressibility
- e. Surface Tension
- f. Capilarity
- g. Viscosity.

Akhmad Sunjaya (1982, 1) mengemukakan sifat sifat penting dari zat cair adalah sebagai berikut:

- a. Viskositas, gesekan dan aliran ideal.
- b. Aliran laminer dan aliran turbulen.
- c. Tegangan permukaan.
- d. Sifat fluida terhadap adanya tekanan.
- e. Aliran compressible dan non compressible.

f. Aliran steady

g. Density, berat spesifik, volume spesifik dan spesifik gravity.

1. Density air.

Density dari cairan didefinisikan sebagai massa persatuan volume pada tekanan dan temperatur standar. Variasi density air dengan variasi dari pada tekanan dan temperatur adalah kecil sehingga untuk tujuan praktis dapat diabaikan, dalam perhitungan massa density dituliskan dengan ρ (rho).

2. Berat spesifik air.

Berat spesifik dari zat cair dinyatakan dengan berat persatuan volume pada temperatur dan tekanan standar, disini juga variasi berat spesifik air dengan variasi tekanan dan temperatur sangat kecil, sehingga untuk tujuan praktis dapat diabaikan. Untuk tujuan perhitungan yang berhubungan dengan hidraulik, mekanika fluida, mesin hidraulik, berat spesifik dari air diambil 1000 liter/m³ atau 1000 kg/m³ atau 1 gm/cm³ atau 0,001kg/cm³ dan pada satuan S.I berat spesifik dari air diambil 9,81 Kn/m³ atau 9,81 x 10⁻³ N/cm³ atau 9,81 x 10⁻⁶ N/mm³.

3. Gravity spesifik air.

Spesifik gravity dari air disingkat dengan sp.gr, adalah perbandingan dari berat spesifik yang telah ditentukan pada standar temperatur untuk cairan lain, air diambil sebagai standar

pada temperatur 4°. Spesifik dari pada air diambil sebagai satuan dari pada perhitungan dalam hidraulik, mekanika fluida dan mesin hidraulik.

$$\text{Sp.gr} = \frac{\text{Berat spesifik dari cairan}}{\text{Berat spesifik air}}$$

4. Tegangan permukaan.

Tegangan permukaan dari zat cair adalah juga salah satu sifat dari zat cair, dimana sifat ini adalah untuk melawan tensile stress. Ini disebabkan oleh karena kohesi permukaan molekul dengan permukaan cairan.

Pengaruh dari pada tegangan permukaan dengan mudah dapat dilihat pada kasus tabung dengan diameter kecil yang terbuka pada tekanan udara luar. Sebagai contoh, sebuah tabung gelas yang mempunyai diameter kecil dimasukkan kedalam air, disini terlihat air naik keatas dalam tabung dengan permukaan cekung seperti terlihat dalam gambar 1a, tetapi tabung yang sama dimasukkan kedalam mercury, mercury menekan kebawah dengan permukaan cembung seperti terlihat pada gambar 1.b. Tekanan permukaan adalah suatu hal yang sangat penting, akibat dari tegangan permukaan, permukaan zat cair mempunyai tendesi.

Tabel 1 berikut memberikan nilai dari pada berat spesifik dan permukaan tegangan dari beberapa cairan yang penting pada temperatur 20° C.

Cairan	: Berat spesifik dalam kg/m ³	: Tegangan permukaan dalam kg/m:
Air	: 99	: 0,0075
Glycerin	: 1260	: 0,0065
Kerosene	: 800	: 0,0024
Caster Oil	: 960	: 0,0040
Ethil Alkohol	: 789	: 0,0022
Mercury	: 13550	: 0,0520

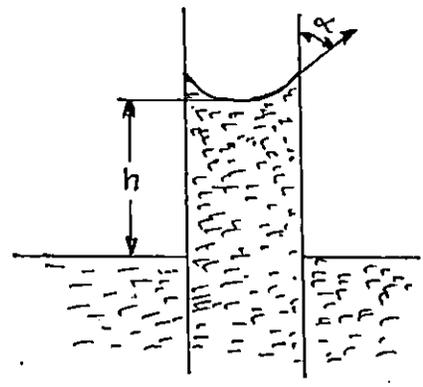
Tabel. 1. Nilai dari berat spesifik dan tegangan permukaan. Sumber (Khurmi 1984, 6)

1. Capilarity dari pada air.

Diketahui bahwa jika sebuah tabung yang mempunyai diameter kecil dimasukan dalam air, air akan naik keatas tabung dengan permukaan cekung, peristiwa ini dikatakan akibat dari adesi antara permukaan tabung dengan molekul air lebih besar dari pada kohesi antara molekul air. Tetapi bila tabung yang sama dimasukan kedalam mercury, maka menekan tabung kebawah dengan permukaan cembung keatas. Ini terjadi akibat adanya adesi antara tabung dengan molekul mercury. Gambar dibawah menunjukkan peristiwa capiler.

dimana :

- h = tinggi dari capiler rise
- d = diameter pipa capiler
- α = sudut kontak dari permukaan air
- σ = gaya dari pada tegangan permukaan persatuan panjang.



Berat dari kolom air pada tabung diatas permukaan air yang

pekerja:

$$= wh \times \frac{\pi}{4} \times d^2$$

komponen vertikal dari gaya pada tegangan permukaan:

$$= \rho h d \cos \alpha$$

Oleh karena kolom air diimbangi oleh komponen vertikal dari permukaan, maka persamaan 1 dan 2:

$$\rho h \times \frac{\pi d^2}{4} \times d = \sigma \pi d \cos \alpha$$

$$h = \frac{4 \sigma \cos \alpha}{\rho d}$$

Contoh:

Hitung pengaruh capilar dalam mm dari sebuah tabung gelas yang mempunyai diameter 4 mm, jika dimasukkan dalam air dan mercury. Temperatur dari cairan adalah 20° C dan nilai tegangan permukaan air dan mercury pada 20° C adalah 0,0075 kg/mm dan 0,05 kg/m. Sudut kontak air $\theta = 0^\circ$ dan untuk mercury $\theta = 130^\circ$.

Jawab:

Diameter gelas $d = 4\text{mm} = 0,4 \text{ cm} = 0,004 \text{ m}$

Temperatur cairan = 20° C

Dari tabel didapat berat spesifik air pada 20° adalah 998 kg/m³, maka untuk penyelesaian dipakai hubungan:

$$h = \frac{4 \sigma \cos \alpha}{\rho d}$$
$$= \frac{4 \times 0,0075 \times 1,0}{998 \times 0,004}$$

$$\frac{4 \times 0,0075 \times 1,0}{998 \times 0,004}$$

$$= 0,00751 \text{ m} = 7,5 \text{ mm}$$

untuk mercury, dari tabel 1 didapat berat spesifik pada 20° C adalah 13550 kg/m³, sehingga:

$$h = \frac{4 \sigma \cos \alpha}{\rho d}$$

$$\frac{4 \times 0,052 \times \cos 130^\circ}{13550 \times 0,004}$$

$$\frac{4 \times 0,52 \times (-0,6428)}{13550 \times 0,004}$$

$$= - 0,00246 \text{ m}$$

$$= 2,46 \text{ mm}$$

6. Viskositas air.

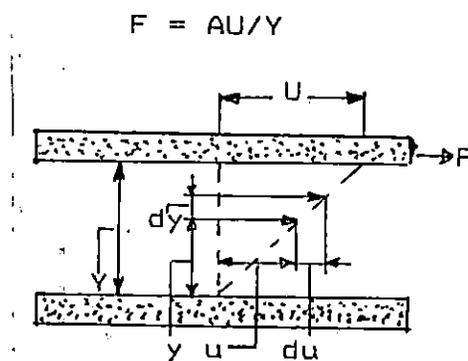
Viskositas adalah gesekan terhadap aliran, semua fluida memiliki viskositas, sebab itu gesekan pada aliran fluida selalu ada. Gesekan pada aliran fluida sangat penting, sebab akan menentukan keadaan fisik aliran. Jika gesekan ini diabaikan, maka dikatakan aliran adalah ideal. Gaya gesekan ini diperoleh dari gaya kohesi dan momentum antar molekul molekul dalam fluida.

Pada zat cair, jika temperatur dinaikan maka viskositas akan turun sedangkan pada gas akan terjadi sebaliknya. Ini disebabkan karena adanya gaya kohesi yang dominan pada zat cair (gaya kohesi mengecil pada pemanasan), sedangkan pada gas perpindahan atau pergerakan molekul lebih dominan (dengan makin banyaknya molekul

yang bergerak, maka tahanan terhadap aliran akan membesar, keadaan ini ditunjukkan oleh gambar 2a dan 2b

Pada gambar 3, terlihat dua pelat dalam keadaan sejajar diantara zat cair. Plat yang bawah dalam keadaan diam, sedang plat yang atas bergerak dengan kecepatan U , akibat gaya F yang bekerja pada bidang seluas A . Partikel partikel yang lebih dekat ke plat atas akan bergerak yang lebih cepat, dan sepanjang sumbu vertikal Y akan membentuk suatu gradien kecepatan yang berujud garis lurus.

Akhmad Sunjaya (1982, 2), mengatakan bahwa hasil percobaan membuktikan bahwa:



Gambar. 2. Aliran Fluida

Dari suatu segitiga yang nampak dalam gambar tersebut : U/Y dapat diganti oleh gradien kecepatan du/dy . Dengan memasukan konstanta perbandingan u , maka shearing stress setiap antar dua lapisan tipis dalam arah aliran fluida dapat ditulis sebagai :

$$T = F/A = u U/Y = u du/dy$$

persamaan diatas disebut persamaan viskositas dari Newton , dan dengan mengubah bentuknya, didapatkan harga konstanta perbandingan

μ :

$$\mu = T / (du/dy)$$

yang dikenal dengan koefisien viskositas, viskositas absolut, viskositas dinamis atau secara singkat disebut saja Viskositas.

Perbedaan antara padatan dan fluida terletak dalam ketahanannya terhadap tekanan geser (shearing stress). Pada benda padat sebanding besarnya perubahan bentuk (deformasi), tetapi dari persamaan diatas terlihat bahwa dalam fluida tekanan geser berbanding langsung terhadap kecepatan perubahan waktu.

Fluida dengan viskositas konstan dan tidak mengalami perubahan bentuk selama aliran Newtonian fluida. Harga slop dari garis lurus ini menunjukkan besarnya viskositas disebut ideal fluid (ditunjukkan oleh garis horinzontal), sedangkan garis vertikal menunjukkan zat padat yang elastik. Pada ideal plastik fluid diperlukan sejumlah shear stress tertentu untuk bisa mengalir. Dan non Newtonian fluid, pada saat gerakan pertama mengalami perubahan viskositas.

Dimensi dari viskositas absolut adalah:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{\text{dimensi T}}{\text{dimensi } du/dy} = \frac{\text{psi}}{\text{fps/ft}} \\ &= \text{lb-sec/ft}^2\end{aligned}$$

Dalam sistem metrik, absolut viskositas dinyatakan dalam gaya-panjang-waktu dengan satuan dyne-sec/cm² atau ekuivalennya. Centipoise (=0,01 poise) menunjukkan viskositas relatif fluida terhadap air pada 68,4° F.

Besaran viskositas yang menyangkut panjang dan waktu disebut viskositas kinematic yang merupakan perbandingan antara viskositas dengan density:

$$v = \mu/\rho$$

Dalam sistem satuan Inggris, viskositas kinematic biasa diukur dengan satuan ft² /sec, dan dalam metrik sistem cm² /sec yang juga disebut stoke (1 centistoke = 0,01 stoke)

7. Dimensi dan Satuan.

Agar tidak terjadi kekacauan pengertian tentang istilah "satuan" (unit) dan "Dimensi" (dimension), maka J.P Holman membedakan hal tersebut dalam bukunya (1985, 12) yaitu mengatakan bahwa yang dimaksud dengan Dimensi ialah variabel fisik yang digunakan untuk menyatakan sifat atau perangai suatu sistem tertentu. Contohnya panjang sebuah batang ialah dimensi batang itu. Demikian pula suhu gas dapat dianggap suatu dimensi termodinamik gas itu. Bila kita katakan sebuah batang panjangnya

sekian meter, atau gas suhunya sekian derajat celcius, maka disitu kita berikan pula satuan yang kita gunakan untuk mengukur dimensi itu.

Dimensi dimensi dasar yang digunakan dalam penguku;an adalah:panjang = L, massa = M dan waktu = T. Semua besaran fisik yang digunakan dapat dinyatakan dengan dimensi dasar diatas. Satuan yang digunakan untuk dimensi tertentu dipilih menurut difenisi yang agak sembarang yang biasanya berhubungan dengan suatu fenomena atau hukum fisika.

Biasanya ada 4 sistem satuan yang dipakai, yaitu:

1. Satuan C.G.S.

Dalam satuan ini satuan dasar dari pada panjang, massa dan waktu adalah cm, gram dan second. Satuan C.G.S diketahui sebagai satuan absolut dalam satuan fisik.

2. Satuan F.P.S.

Pada sistem satuan ini, satuan dasar dari pada panjang, massa dan waktu adalah foot, pond dan second.

3. Satuan M.K.S.

Dalam sistem ini, satuan dasar dari pada panjang, massa dan waktu adalah meter, kilogram dan second.

Sistem satuan M.K.S dikatakan juga sebagai teknik.

4. Satuan S.I (sistem satuan internasional)

Konferensi umum mengenai Berat dan Ukuran ke 14 (1971), berdasarkan hasil hasil pertemuan sebelumnya dan hasil hasil panitia internasional, menetapkan tujuh besaran sebagai dasar. Ketujuh besaran ini ditunjukkan dalam tabel dibawah dan merupakan dasar bagi sistem satuan internasional, biasanya disingkat S.I

Pada sistem satuan ini satuan dasar adalah meter, kilogram dan second. Haliliday, Resnick, Pantur Silaban dan Erwin Sucipto (1987, 5) menuliskan dalam tabel berikut tujuh besaran satuan dasar SI sebagai berikut :

Besaran	nama	Simbol
Panjang	meter	m
Massa	kilogram	kg
Waktu	sekon	s
Arus Listrik	ampere	A
Temperatur termodinamik	kelvin	K
Jumlah zat	mole	mol
intesitas cahaya	candela	cd

Tabel. Satuan satuan dasar SI

Variasi satuan yang dipakai pada sistem ini dikemukakan oleh R.S. Khurmi (1084,9) adalah sebagai berikut:

Density	kg/m^3
Tekanan	N/m^2 atau N/mm^2
Gaya	N (Newton)
Viskositas dinamik	Ns/m^2
Kerja	$J = \text{Nm}$
Viskositas kinematic	m^2 / sec
Tenaga (dalam watts)	$W = J/\text{sec}$

Tidak jarang ditemui penulisan besaran fisis menggunakan angka yang begitu besar atau kecil sekali, maka untuk mengatasi ini maka dibuat awalan awalan, juga dalam konferensi Berat dan Ukuran yang ke 14 didapatkan kata sepakat sebagai awalan awalan yang dipakai seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini.

Faktor	Awalan	Simbol	Faktor	Awalan	Simbol
10^1	deka (deca)	da	10^1	desi (deci)	d
10^2	hekto (hecto)	h	10^2	senti (centi)	c
10^3	kilo	k	10^3	mili (milli)	m
10^6	mega	M	10^6	mikro (micro)	u
10^9	giga	G	10^9	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	piko (pico)	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	eksa (exa)	E	10^{-18}	atto	a

Tabel. 3 Awalan Awalan SI
(Haliday, Resnick, Pantur Silaban, Erwin Sucipto 1987)

Meter dan kilogram merupakan satuan fundamental, dan sistem Inggris untuk panjang dan massa didasarkan atas itu, dengan menggunakan faktor konversi yang tepat. Meter baku (standar) didefinisikan sebagai panjang suatu batang platina iridium yang dipelihara pada kondisi yang sangat teliti di Biro Internasional untuk Bobot dan Ukuran di Sevres Prancis.

Demikian pula, kilogram didefinisikan dengan massa platina iridium yang disimpan di biro itu. Faktor konversi antara sistem Inggris dan sistem metrik di Amerika Serikat ditetapkan dengan undang undang sebagai berikut

$$1 \text{ meter} = 39,37 \text{ inci}$$

$$1 \text{ pon massa} = 453,59237 \text{ gram.}$$

Standar standar sekunder mengenai massa dan panjang disimpan di National Bureau of Standar (Amerika Serikat) untuk digunakan untuk kalibrasi. Disamping standar standar skunder ini masih ada standar yang digunakan untuk kalibrasi didaerah tempat kerja masing masing, yang mana standar ini disebut standar kerja. Standar kerja digunakan untuk mengkalibrasi alat alat ukur yang digunakan pada tempat kerja.

B A B II

STATIKA FLUIDA

A. Fluida.

Sudah menjadi suatu kebiasaan bagi kita untuk memisahkan misahkan dan mengelompok ngelompokan atau menggolong golongan materi kedalam benda padat dan fluida. Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir, walaupun dalam hal ini tidak semua zat yang dapat mengalir dikatakan fluida. Dalam hal seperti yang didefinisikan oleh Halliday (1987, 553) suatu fluida seperti yang biasanya dimengerti dan kita hanya berminat sifat sifat fluida yang dihubungkan dengan kemampuan fluida tersebut untuk mengalir. Maka, hukum hukum dasar yang sama akan mengontrol sifat statika dan sifat dinamika cairan dan gas kendatipun ada perbedaan perbedaan diantara cairan dan gas yang diamati pada tekanan biasa.

B. Tekanan.

Kita ketahui bahwa seperti air, oli dan sebagainya bila dimasukan kedalam sebuah bejana, cairan tersebut akan menekan pada sisi dan dasar dari bejana tersebut. Tekanan ini persatuan luas dikatakan tekanan.

Resnick (1987, 554), mengatakan bahwa ada suatu perbedaan didalam cara sebuah gaya permukaan beraksi pada suatu fluida dan pada suatu benda padat. Untuk suatu benda padat tidak ada batasan batasan pada arah gaya seperti itu, tetapi untuk suatu fluida

yang diam maka gaya permukaan harus selalu diarahkan tegak lurus permukaan. Karena suatu gaya yang diam tidak dapat menahan gaya tangensial.

Suatu fluida yang mengalami tekana akan mengerahkan sebuah gaya pada setiap permukaan yang bersentuhan dengan fluida tersebut. Jika P adalah gaya yang bekerja pada suatu permukaan, maka intensitas dari pada tekanan adalah :

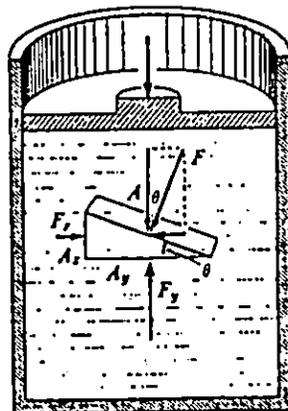
$$P = \frac{P}{a}$$

Perhatikan gambar dibawah ini yang melukiskan zat cair dengan dibatasi oleh bidang imajiner. Bila fluida dalam keadaan diam, sehingga tekanan geseran pada sembarang tempat adalah nol. Tekanan yang bekerja pada bidang batas adalah tekanan normal, dan gaya tarik bumi bekerja pada arah sumbu Y yang negatif.

Gaya yang bekerja searah sumbu X adalah sebesar:

$$P^2 dy dz - P^3 dz ds \sin = 0$$

$$\text{dimana : } ds \sin = dy \text{ sehingga } P^2 = P^3$$



Gambar. 3. Fluida dibawah tekanan hidrostatik.

untuk arah sumbu y, dengan menggunakan ρ sebagai berat spesifik sehingga diperoleh hubungan $\rho = pg$, dari sini didapat persamaan:

$$P_1 dx dx - P_2 dz ds \cos a$$

$$1/2 \rho g dx dy dz = 0$$

dimana (ρ) adalah density fluida dan $ds \cos a = dx$. Maka akan didapatkan.

$$P_1 - P_2 - 1/2 \rho g dy = 0$$

Jika suku yang ketiga karena kecil, sehingga dapat diabaikan, maka:

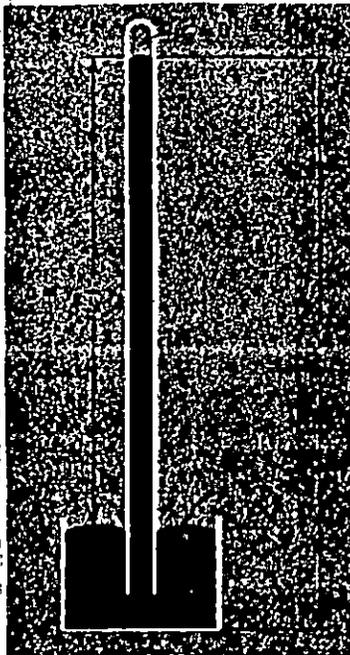
$$P_1 = P_2 = P_3$$

C. Pengukuran Tekanan Fluida.

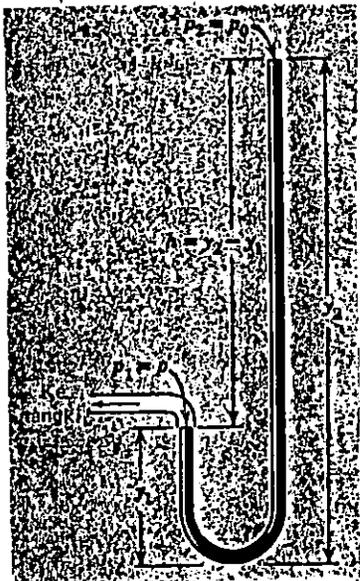
Menurut Resnick (1987, 564) Evangelista Torricelli (1608-1647) membuat satu metoda untuk mengukur tekanan atmosfer dengan diciptakan olehnya barometer air raksa didalam tahun 1643. Barometer air raksa tersebut adalah sebuah tabung gelas yang panjang yang telah diisi dengan air raksa dan dibalikkan didalam sepiring air raksa, seperti didalam gambar 1. Ruang diatas kolom air raksa hanya mengandung uap air raksa, yang tekanannya adalah begitu kecil pada temperatur biasa sehingga tersebut dapat diabaikan besarnya. Diketahui bahwa tekanan $p_0 = \rho gh$.

Tekanan dinyatakan sebagai gaya persatuan luas. Dengan demikian satuan tekanan sama dengan tegangan (stress) dan pada umumnya tekanan dapat dianggap sebagai sejenis tegangan juga. Dalam pembahasan kita pada buku ini, gaya persatuan luas yang diberikan oleh fluida pada dinding yang menampungnya dinamakan tekanan.

Tekanan absolut menunjukkan nilai absolut (mutlak) gaya persatuan luas yang bekerja pada dinding penampung fluida. Tekanan relatif atau tekanan ialah selisih antara tekanan absolut dan tekanan atmosfer setempat



Gambar. 4. Barometer Torricelli



Gambar.5 Manometer tabung terbuka untuk pengukur tekanan didalam tangki.

Vakum atau hampa menunjukkan berapa lebihnya tekanan atmosfer dari tekanan absolut. Dari definisi definisi ini, kita lihat bahwa tekanan absolut tidak bisa negatif, dan vakum tidak mungkin lebih besar dari tekanan atmosfer setempat. Perlu diingat bahwa tekanan fluida lokal bergantung pada berbagai variabel diantaranya adalah; ketinggian, kecepatan aliran, densitas fluida, dan suhu merupakan parameter parameter yang biasanya penting.

Alat ukur untuk mengukur tekanan fluida yang terbuat dari pada tabung gage adalah : 1. Piezometer tube, dan 2. Manometer.

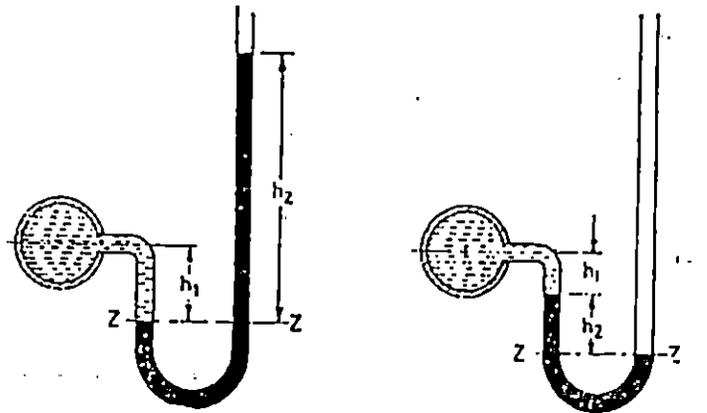
Piezometer tube adalah alat ukur yang agak lebih simpel dari manometer, untuk itu pada pembicaraan ini kita lebih memfokuskan perhatian kita pada alat ukur manometer. Manometer adalah pengembangan dari piezometer tube. Dengan pertolongan manometer kita dapat mengukur tekanan tinggi dan juga tekanan negatif. Alat ukur manometer terdiri dari beberapa tipe diantaranya adalah:

1. Manometer sederhana
2. Micromenometer
3. Diferensial manometer
4. Inverted diferensial manometer.

1. Simpel manometer.

Manometer sederhana adalah pengembangan dari piezometer tube untuk pengukuran pengukuran yang agak lebih sempurna seperti pengukuran tekanan negatif. Sebuah manometer terdiri dari sebuah tabung bengkok berbentuk U, satu ujungnya dipasang pada gage dan

satu lagi kepada tekanan atmosfer seperti terlihat pada gambar dibawah.



Tekanan Positif

Tekanan Negatif

Gambar. 6. Manometer sederhana

Pada gambar diatas dimana terlihat :

h_1 = Tinggi dari cairan yang ringan pada bagian kiri diatas permukaan standar dalam cm,

h = Tekanan dalam pipa dalam cm,

s_1 = Spesifik gravitasi dari cairan yang ringan

s_2 = Spesifik gravitasi dari cairan yang berat.

Dengan memisalkan tekanan pada bagian kiri dengan bagian kanan adalah sama, maka tekanan pada bagian kiri adalah :

$$= h + s_1 h_1$$

dengan cara yang sama, tekanan pada bagian kanan adalah:

$$= s_2 h_2$$

dari kedua tekanan didapatkan :

$$h + s_1 h_1 = s_2 h_2$$

$$h = (s_2 h_2 - s_1 h_1)$$

Jika tekanan negatif juga akan diukur dari manometer sederhana ini, dapat juga dilakukan dengan cara yang mudah seperti terlihat pada gambar 4b diatas.

Kelihatan bahwa tekanan disebelah kiri adalah:

$$= h + s_1 h_1 + s_2 h_2$$

dan tekanan disebelah kanan = 0

disubsitusikan kedua tekanan,

$$h + s_1 h_1 + s_2 h_2 = 0$$

$$h = -s_1 h_1 - s_2 h_2$$

$$= -(s_2 h_2 + s_1 h_1)$$

Contoh 1.

Sebuah manometer sederhana akan dipakai untuk mengukur tekanan suatu oli dengan spesifik gravity 0,8, manometer ini adalah bagian kanan terbuka pada tekanan atmosfer sedangkan bagian kiri dihubungkan dengan pipa. Garis tengah dari pada pipa 9 cm dibawah permukaan mercury yang mempunyai spesifik gravity 13,6 sebelah kanan, jika perbedaan permukaan mercury adalah 15 cm, hitunglah tekanan absolut dari oli dalam pipa dalam kg/cm^2 .

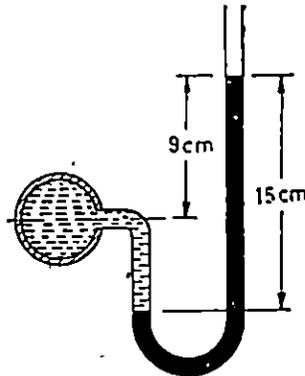
Penyelesaian

Diketahui spesifik gravity oli, $s_1 = 0,8$

Tinggi mercury dari garis tengah pipa = 9 cm

Spesifik gravity mercury $s_2 = 13,6$

Perbedaan oli pada bagian kiri pipa $h_1 = 15 - 9 = 6$ cm



Gambar. 7. Perbedaan tinggi oli

Pakai persamaan :

$$h = s_2 h_2 - 0,8 \times 6 = 199,2 \text{ cm air}$$

Sekarang pakai persamaan:

$$p = wh$$

$$= 0,001 \times 199,2 \quad \text{dimana } w = 0,001 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,1992 \text{ kg/cm}^2$$

jadi tekanan absolut dari oli dalam tabung

$$= \text{Tekanan ukuran} + \text{tekanan atmosfer}$$

$$= 0,1992 + 1,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1,2292 \text{ dibulatkan } 1,23 \text{ kg/cm}^2$$

Catatan:

Tekanan absolut gage dapat juga dicari dari tinggi oli.

Kita tahu tekanan ukuran dari tinggi oli

$$h = \frac{199,2}{0,8} = 249 \text{ cm}$$

$$p = wh = 0.0008 \times 249 \text{ kg/cm}^2 \\ = 0,1992 \text{ kg/cm}^2$$

Contoh. 2

Sebuah manometer sederhana yang berisi mercury dipakai untuk mengukur tekanan negatif pada pipa, seperti dapat dilihat pada gambar dibawah. Sisi kanan dari pada atmosfir terbuka pada atmosfir.

Carilah tekanan negatif, jika manometer dibaca dalam mm.

Penyelesaian:

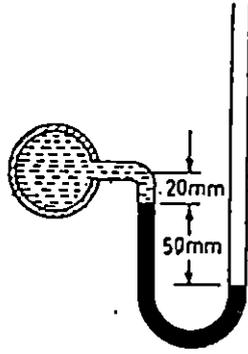
Tinggi mercury pada sisi kiri $h_2 = 50 \text{ mm}$

Tinggi air pada sisi ini $h_1 = 20 \text{ mm}$

sp gr mercury 13,6

dan sp gr air = 1

$$\begin{aligned} \text{Pakai persamaan } h &= -(s_2h_2 + s_1h_1) \\ &= -(13,6 \times 50 + 1 \times 20) \\ &= -700 \text{ mm air} \\ &= 700 \text{ mm air (vakum)} \end{aligned}$$



Gambar 8. Manometer

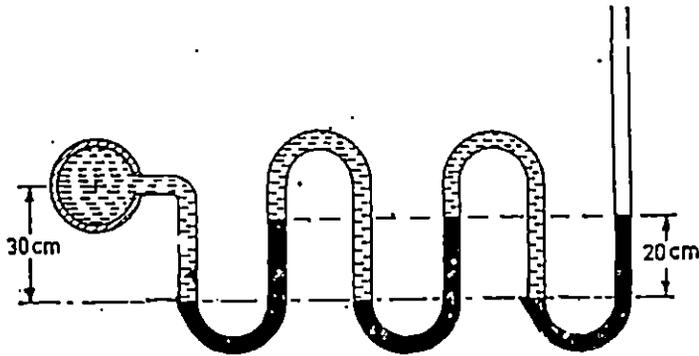
Persoalan diatas dapat juga diselesaikan dalam bentuk N/mm^2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 p &= wh = 9,81 \times 10^{-6} \times (-700) \\
 &= 6,867 \times 10^2 = -6,867 \text{ mN/mm}^2 \\
 &= 6,867 \text{ mN/mm}^2 \text{ (vakum)}
 \end{aligned}$$

Contoh. 3.

Tekanan air yang mengalir dalam pipa diukur dengan manometer bentuk U seperti pada gambar dibawah. Cairan pengukur adalah mercury dalam seluruh tabung dan air yang tertutup diantara kolom mercury. Ujung akhir dari pada tabung dihubungkan dengan atmosfir. Carilah tekanan oli dalam pipa tersebut.

Penyelesaian:



Gambar.9. Manometer bentuk U

Diketahui jumlah U tabung = 3

Tinggi mercury = 20 cm

Jumlah tinggi mercury $h_2 = 3 \times 20 = 60$ cm

Tinggi air dalam pipa = 30 cm

Jumlah tinggi air $h_1 = 30 + (2 \times 20) = 70$ cm

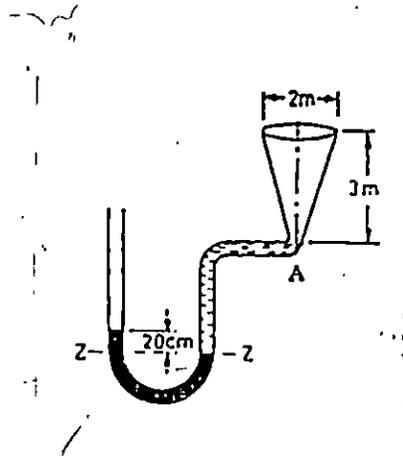
sp gr mercury 13,6

Dipakai persamaan:

$$\begin{aligned} h &= s_2 h_2 + s_1 h_1 \\ &= 13,6 \times 60 - 1 \times 70 = 746 \text{ cm air} \\ &= 7,46 \text{ m air} \end{aligned}$$

Contoh. 4.

Sebuah mangkok konis yang mempunyai tempat pengeluaran A dihubungkan dengan manometer bentuk U, seperti gambar dibawah.



Gambar.10. Manometer dengan bejana konis.

data data manometer terlihat pada gambar diatas sewaktu bejana kosong. Carilah pembacaan dari manometer, jika bejana diisi penuh dengan air.

Penyelesaian:

Pembacaan manometer sewaktu dalam keadaan kosong, adalah sbb:

$$h_2 = 20 \text{ cm}$$

h = Pressure head dari pada cairan yang ringan diatas dalam cm.

Diambil garis Z-Z sebagai garis data, kita ketahui bahwa pressure head pada sisi kiri = $13,6 \times 20 = 272$ cm, dan pada sisi kanan adalah:

$$1 \times h = h \text{ cm}$$

dari kedua tekanan ini didapatkan $h = 272$ cm.

Nah, sekarang bayangkan bejana berisi penuh dengan air, sebagai akibat dari hal ini level dari permukaan mercury turun sebesar x cm pada bagian kanan, dan permukaan mercury pada bagian kiri naik. Oleh karenanya manometer terbaca akibat dari hal ini, sebagai berikut :

$$= 20 + 2x \text{ cm}$$

pressure head pada bagian kiri = $13,6(20+2x) = 272+27,2x$ cm, dan

pressure head pada bagian kanan = $1(h+x) + 300 = (272+x+300)$

$$= (572+x)\text{cm}$$

sekali lagi digabungkan kedua persamaan, sehingga didapat :

$$572+x = 272+27,2x$$

$$26,2x = 300$$

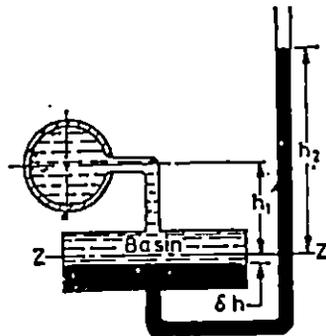
$$x = \frac{300}{26,2} = 11,45 \text{ cm}$$

dengan demikian pembacaan manometer jika bejana diisi penuh dengan air adalah:

$$= 20 + (2 \times 11,45) = 42,9 \text{ cm.}$$

2. Micromanometer.

Micromanometer adalah modifikasi dan peningkatan dari manometer, dimana pada penampang melintang pada bagian kiri agak lebih besar kira kira 100x dari pada sisi yang lain, seperti dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar.11. Vertical micromanometer

Micromanometer dipakai untuk mengukur tekanan rendah, jika ketepatan adalah menjadi suatu hal yang sangat penting. Oleh karena itu ada banyak tipe dari micrometer, pada kesempatan ini dikemukakan dua tipe saja dahulu yaitu:

1. Tabung micromanometer vertikal
2. Tabung micromanometer mendatar

1. Tabung micromanometer vertikal.

Dimisalkan sebuah tabung micromanometer vertikal dihubungkan dengan sebuah pipa yang berisi cairan ringan dibawah sebuah tekanan yang sangat tinggi. Tekanan didalam pipa akan memberikan gaya kepada cairan ringan untuk menekan cairan yang didalam baskom kearah bawah. Oleh karena luas area dari pada baskom, penurunan dari permukaan cairan berat hanya sedikit. Akibat dari pergerakan cairan berat kebawah didalam baskom sehingga mempengaruhi cairan berat sebelah kanan.

Perhatikan garis data $Z - Z$ yang dilukiskan pada cairan berat sebelum dilakukan percobaa.

Dimana :

dh = Penurunan permukaan cairan berat dalam baskom dalam cm

h_1 = Tinggi dari pada cairan yang ringan diatas garis data dalam cm.

h_2 = Tinggi dari pada cairan berat setelah dilakuk percobaan pada sisi kanan diatas garis data dalam cm.

h = Tinggi tekana dalam pipa

A = Luas penampang melintang dari baskom dalam cm^2

a = Luas penampang melintang tabung dalam cm^2

s_1 = Spesifik grafiti dari pada cairan ringan

s_2 = Spesifik grafiti dari pada cairan berat

Diketahui dengan turunnya permukaan cairan berat dalam baskom, juga mempengaruhi permukaan cairan berat yang lainnya dalam tabung, sehingga:

$$A \cdot dh = \rho h^2 \text{ atau } dh = \frac{\rho}{A} \times h^2$$

Sekarang perhatikan permukaan mendatar dari zat cair dalam baskom dan diketahui tekanan disebelah kiri dan sebelah kanan adalah sama.

Tekanan pada bagian sisi kiri :

$$= h + s_1 h_1 + s_1 d h \text{ cm air}$$

Tekanan pada sisi kanan :

$$= s_2 h_2 + s_2 d h \text{ cm air}$$

Persamaan kedua tekanan

$$h + s_1 h_1 + s_1 d h = s_2 h_2 + s_2 d h$$

$$h = s_2 h_2 + s_2 d h - s_1 h_1 - s_1 d h$$

$$= s_2 h_2 - s_1 h_1 + d h (s_2 - s_1)$$

Substitusikan harga harga dari dh dari persamaan diatas, sehingga didapatkan:

$$h = s_2 h_2 - s_1 h_1 + \frac{\rho}{A} h^2 (s_2 - s_1)$$

Kadang kadang luas penampang melintang dari pada baskom dibuat sangat besar, dan luas penampang melintang tabung sangat kecil sehingga perbandingan luas penampang ini menjadi ekstrim oleh karena itu diabaikan, lantas persamaan diatas kan menjadi :

$$h = s_2 h_2 - s_1 h_1$$

2. Tabung micromanometer mendatar.

Kadang kadang tabung micromanometer tegak, dibuat mendatar seperti gambar 10 dibawah. Tipe micromanometer mendatar ini

adalah lebih sensitif bila dibanding dengan tipe micromanometer vertikal. Oleh karena kemiringannya, sehingga pergerakan cairan yang berat dalam tabung yang kecil lebih mudah dibandingkan, oleh karenanya ini memberikan pembacaan yang lebih tinggi untuk tekanan yang diberikan.

Dari persamaan segitiga didapatkan :

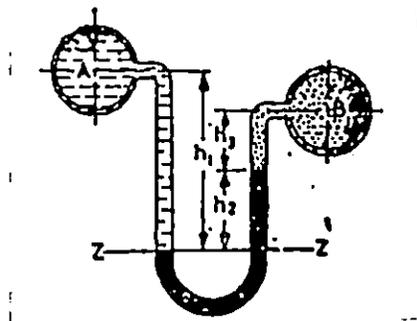
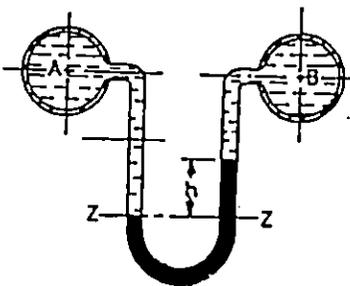
$$\frac{h_2}{L} = \sin a$$

$$h_2 = L \cdot \sin a$$

3. Manometer berbeda.

Ini dirancang untuk mengukur tekanan yang berbeda, antara dua titik dalam pipa atau dua pipa yang berbeda.

Sebuah manometer berbeda (differential manometer), terdiri dari bentuk yang sederhana seperti dapat dilihat pada gambar dibawah, yaitu dalam bentuk tabung U, terisi dengan cairan berat dimana kedua ujung dihubungkan dengan titik dimana tekanan yang berbeda akan diketahui.



Gambar.12a. A dan B memiliki permukaan sama dan cairan sama.

Gambar.12b. A dan B permukaan berbeda dan cairan berbeda.

Sekarang difikirkan manometer diferensial dimana kedua ujungnya dihubungkan dengan titik yang berbeda yaitu A dan B pada level yang sama. Marilah kita anggap tekanan pada titik A lebih besar dari pada titik B. Sehingga tekanan yang lebih besar pada A akan memberikan gaya pada cairan yang berat ditabung kearah bawah. Pergerakan cairan berat pada sisi kiri akan mempengaruhi cairan berat pada sisi kanan.

Marilah kita perhatikan garis horizontal Z - Z , dimana cairan berat dan cairan ringan yang kita lihat disebelah sisi kiri dengan data sebagai berikut :

h = Perbedaan level permukaan cairan berat dan ringan pada sisi kiri, juga diketahui sebagai pembacaan dari pada manometer dalam cm.

s_1 = Spesifik gravitasi dari pada cairan ringan dalam pipa

s_2 = Spesifik gravitasi dari pada cairan berat.

Kita tahu bahwa tekanan pada sisi kiri dan kanan diatas garis data adalah sama. Dengan demikian perbedaan tekanan pada dua titik A dan B

$h_A - h_B = h(\text{Sp.gr cairan berat} - \text{Sp.gr cairan dalam pipa A dan B})$

$$= h (s_2 - s_1) \text{ tinggi air.}$$

Sekarang perhatikan sebuah manometer deferensial, dimana kedua ujung ujung dihubungkan pada titik A dan B pada level dan cairan yang berbeda. Dianggap tekanan pada titik A adalah lebih besar dari pada tekanan pada titik B. Sehingga tekanan yang besar

pada A akan memberikan gaya kepada cairan berat untuk bergerak kebawah, pergerakan turun dari pada cairan kebawah pada sisi kiri ini, akan mempengaruhi cairan berat pada sisi kanan.

Perhatikan garis Z - Z sebagai garis data, dalam persoalan ini :

h_1 = Tinggi cairan pada sisi kiri diatas garis data dalam cm

h_2 = Perbedaan tinggi dari pada cairan berat pada sisi kiri dan kanan, juga diketahui sebagai pembacaan dari manometer diferensial dalam cm

h_3 = Tinggi dari pada cairan pada sisi kanan dalam cm

h_A = Tekanan didalam pipa A

h_B = Tekanan didalam pipa B, dinyatakan dalam terminal akhir dalam cm.

s_1 = Spesifik gravitasi dari cairan dalam pipa kiri (A)

s_2 = Spesifik gravitasi dari cairan berat

s_3 = Spesifik gravitasi dari cairan pada pipa kanan (B)

Diketahui bahwa tekanan pada sisi kiri dan sisi kanan adalah sama,

Tekanan pada sisi kiri diatas permukaan data:

$$= h_A + s_1 h_1 \text{ cm air}$$

dan tekanan pada sisi kanan diatas permukaan biasa

$$= s_2 h_2 + s_3 h_3 + h_B \text{ cm air}$$

Kedua persamaan,

$$h_A + s_1 h_1 = s_2 h_2 + s_3 h_3 + h_B$$

Dari persamaan diatas harga dari pada h_A , h_B atau perbedaannya dapat ditemukan.

Contoh 1.

Dari sebuah manometer diferensial dihubungkan pada dua ujung pipa A dan B yang berisi dari pada oli dengan spesifik gravity 0,8, perbedaan level dari mercury adalah 100 mm.

Hitung perbedaan tekanan pada kedua titik dalam cm air dan dalam gm/cm^2 .

Pemecahan:

Diketahui spesifik gravity cairan ringan $s_1 = 0,8$

Perbedaan level mercury $h = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$

Spesifik gravity dari pada mercury 13,6

Kita pakai persamaan:

$$\begin{aligned} h_A - h_B &= h(s_2 - s_1) \\ &= 10(13,6 - 0,8) = 128 \text{ cm air} \end{aligned}$$

dan dipakai hubungan $p = wh$

$$\begin{aligned} p_A - p_B &= 1,0 (h_A - h_B) = 1,0 \times 128 \text{ gm/mm}^2 \\ &= 128 \text{ gm/cm}^2 \end{aligned}$$

Contoh 2.

Sebuah manometer diferensial bentuk tabung U dihubungkan dengan dua pipa bertekanan A dan B. Pipa A berisi carbon tetrachloride dengan spesifik gravity 1,594 dibawah tekanan $1,2 \text{ kg/cm}^2$. Panjang pipa A adalah 2,5 m diatas pipa B. Carilah perbedaan tekanan diukur dengan mercury seperti yang terlihat pada tabung U.

Pemecahan:

Diketahui sp. gr dari pada tetrachloride di pipa A = $s_1 = 1,594$

Tekanan pada pipa A = $1,2 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{jadi } h_A = \frac{1,2 \times 10^4}{1000} = 12 \text{ m}$$

sp. gr dari pada oli di pipa B = $0,8$

Tekanan pada pipa B = 2 kg/cm^2

$$\text{Jadi } h_B = \frac{2 \times 10^4}{1000} = 20 \text{ m}$$

Tinggi A dari pipa B $h_1 = 2,5 \text{ m}$

Kalau dikatakan $h =$ perbedaan tekanan diukur dengan mercury marilah kita pertimbangkan Z - Z sebagai garis data, sekarang pressure head pada sisi kiri.

$$\begin{aligned} &= 13,6 h + 1,594 \times 2,5 + 12 \text{ m} \\ &= 13,6 h + 15,98 \text{ m} \end{aligned}$$

dengan cara yang sama, maka pressure head pada sisi kanan adalah:

$$= 0,8 h + 20$$

Persamaan dari kedua tekanan :

$$13,6 h + 15,98 = 0,8 h + 20$$

$$12,8 h = 20 - 15,98 = 4,02$$

$$h = \frac{4,02}{12,8} = 0,314 \text{ m} = 314$$

4. Ukuran Mekanik.

Biarapun bagaimana tekanan fluida yang sangat tinggi harus juga diukur, alat ukur mekanik adalah, cocok untuk tujuan ini.

Sebuah alat ukur mekanik adalah juga dipakai untuk mengukur tekanan didalam katel atau pipa lain, dimana alat ukur tabung tidak sesuai dipakai untuk ini.

Ada banyak tipe dari alat ukur yang dijual dipasaran, tetapi prinsipnya dari semua alat ukur tersebut adalah sama. Dibawah ini ada tiga tipe dari alat ukur yang penting untuk diketahui, diantaranya yaitu sebagai berikut :

1. Ukuran tekanan tabung Bourdon,s
2. Ukuran tekanan diaphragm
3. Ukuran tekanan Dead Weight.

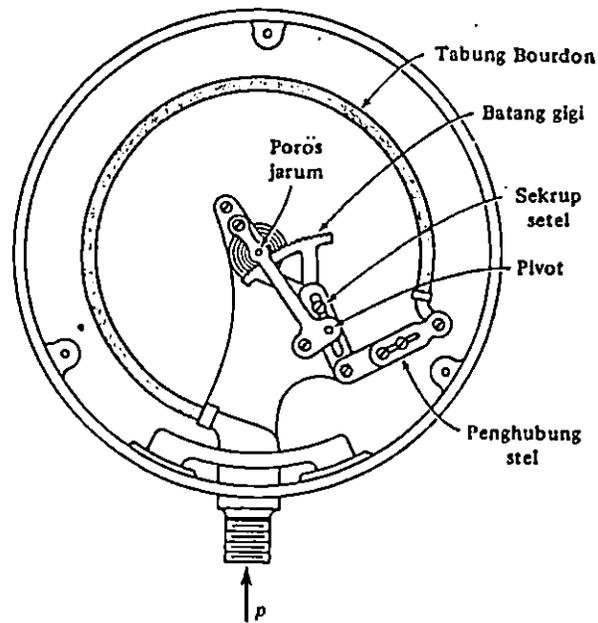
1. Ukuran tekanan tabung Bourdon's.

J.P Holman (1985, 214), pengukur tekanan tabung Bourdon (Bourdon tube pressure gage) banyak digunakan dalam pengukuran tekanan statik bila mana diperlukan pengukuran yang murah namun dapat diandalkan. Tabung ini terdapat dipasaran dalam berbagai tingkat ketelitian.

R.S Khurmi (1984, 37), tekanan diatas atau dibawah tekanan atmosfer dapat diukur dengan mudah dengan pertolongan pengukur tekanan tabung Bourdon. Pengukur tekanan tabung bourdon bentuknya sangat sederhana, terdiri tabung elip ABC seperti dapat dilihat pada gambar dibawah.

Jika tabung ukuran dihubungkan dengan cairan dimana tekanan akan keluar pada C, cairan dibawah tekana akan mengalir kedalam tabung. Tabung Bourdon akan meningkatkan tekanannya sendiri, sehingga akan memperpanjang dirinya sendiri, akibat dari

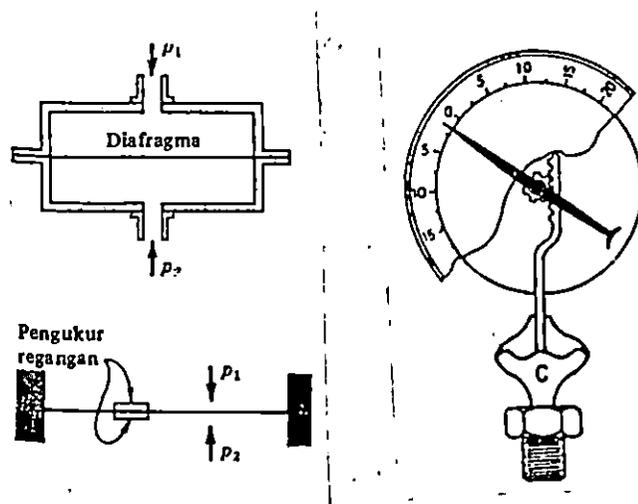
perpanjangan ini sehingga mengakibatkan perputaran dari pinion dan menggerakkan jarum penunjuk. Perubahan bentuk yang elastik dari tabung Bourdon menunjukkan lingkaran titik titik yang telah dikalibrasi, dimana tekanan yang diberikan secara langsung dapat dilihat.



Gambar. 13. Pengukur tekanan tabung Bourdon
J.P Holman (1985)

2. Pengukur tekanan Diafgram.

Pengukur tekanan diafgrama merupakan suatu peranti pengukur deformasi elastik sejenis yang banyak juga digunakan untuk penerapan berbagai pengukuran tekanan. Peranti pengukuran ini juga digunakan diatas atau dibawah tekanan atmosfer. Gambar 12 menunjukkan sebuah alat ukur diafgrama.



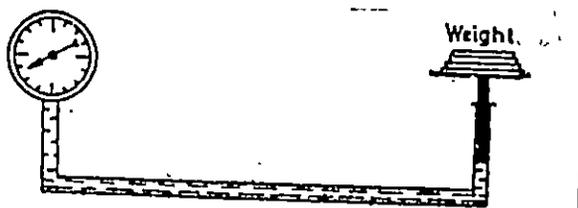
Gambar. 13. Pengukur Diafgram
Khurmi (1984)

Diafgrama pada peranti pengukuran tekanan mengalami defleksi sesuai dengan perbedaan tekanan dan defleksi ini diindera dengan suatu transduser anjakan yang sesuai.

Pada gambar diatas, jika ukuran dihubungkan dengan cairan yang bertekanan, hal ini akan menyebabkan perubahan bentuk dari diafragma, dengan pertolongan gigi pinion, defleksi elastis diafragma memutar jarum penunjuk. Jarum penunjuk ini bergerak sepanjang skala yang telah dikalibrasi.

3. Peranti pengukur tekanan berat pasti.

Peranti pengukur tekanan bobot mati (dead weight pressure gauge) pada umumnya dipakai untuk mekalibrasi dari pada peranti pengukuran lainnya dilaboratorium. Peranti' pengukuran tekanan berat pasti mempunyai bentuk yang sederhana, yang terdiri dari sebuah piston dan cylinder yang telah diketahui luasnya, dan dihubungkan kesuatu cairan dengan sebuah tabung seperti terlihat pada gambar 14 dibawah.



Gambar 14. Pengukur tekanan bobot mati.

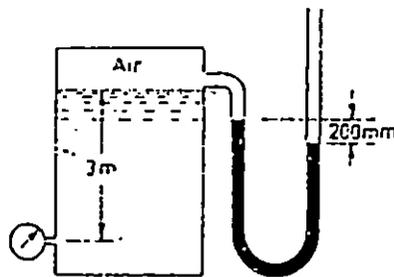
Tekanan dari pada cairan dalam pipa dihitung dengan hubungan:

$$p = \frac{\text{Berat}}{\text{Luas dari pada piston}}$$

Tekanan ukuran yang akan dikalibrasi, dipasang pada ujung yang lain seperti ditunjukkan oleh gambar diatas, dengan mengganti berat pada piston, tekanan dari pada cairan dihitung dan tertulis pada ukuran pada titik respektif.

Contoh. 1.

Sebuah tanki tertutup yang berisi air dipasang sebuah ukuran dan sebuah manometer, seperti gambar 14 dibawah. Hitunglah pembacaan ukuran dala N/mm^2 , jika manometer berisi mercury dengan perbedaan tinggi 200 mm.



Gambar. 15. Tangki dan manometer.

Penyelesaian:

Diberikan pembacaan manometer = 200mm

Oleh karena ruangan diatas air dalam tangki terisi penuh oleh udara, oleh karenanya tekanan dari udara akan sama dengan tekanan yang diperoleh pada manometer. Tambahan pula, level cairan yang berat disebelah kanan lebih rendah dari pada level cairan disebelah kiri, oleh karenanya ada tekanan negatif dari pada udara.

$$\text{Tekanan dari pada udara} = -200 \times 13,6 = -2720 \text{ mm}$$

Tanda negatif dipakai untuk tekanan dalam tangki. Ini dilakukan karena permukaan cairan berat pada sisi kanan lebih rendah dari pada sisi kiri. Sekarang pembacaan ukuran tekanan udara ditambah tekanan air dibawah permukaan 3m = 3000 mm.

Oleh karenanya pembacaan ukuran dari tinggi air

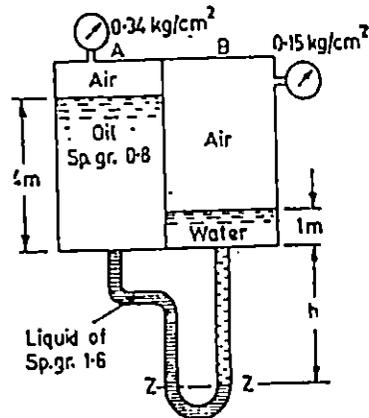
$$h = -2720 + 3000 = +280 \text{ mm}$$

dan pembacaan ukuran dalam tekanan,

$$\begin{aligned} p &= wh = 9,81 \times 10^{-6} \times 280 \text{ N/mm}^2 \\ &= 0,00275 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Contoh 2.

Sebuah bejana tertutup dibagi menjadi dua bagian. Bagian ini berisi oli dan air seperti terlihat pada gambar dibawah.



Gambar.16 . Bejana tertutup

Hitung nilai dari h , jika ukuran menunjukkan seperti dalam gambar.

Penyelesaian:

Diketahui pembacaan ukuran $A = -3,34 \text{ kg/cm}^2$

$B = 0,15 \text{ kg/cm}^2$

Oleh karena ruangan diatas oli pada tangki A dan diatas air pada tangki B terisi penuh dengan udara, maka tekanan dari udara akan sama dengan diperoleh dari pembacaan ukuran. Walaupun level dari cairan yang mempunyai spesifik grafiti 1,6 pada sisi kanan dibawah dari pada cairan pada sisi kiri, oleh karenanya ada tekanan negatif pada tangki A.

Kita ketahui bahwa pembacaan ukuran pada A, dalam meter air,

$$\begin{aligned}h_A &= -0,34 \text{ kg/cm}^2 \\ &= - \frac{10,34 \times 10^4}{1000} \text{ m air} \\ &= -3,4 \text{ m air}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama,

$$\begin{aligned}h_B &= 0,15 \text{ kg/cm}^2 \\ &= \frac{0,15 \times 10^4}{1000} \text{ m air} \\ &= 1,5 \text{ m air}\end{aligned}$$

Dari ilmu ukur dari pada gambar kita dapatkan tekanan pada sisi kiri diatas data garis Z - Z

$$\begin{aligned}&= -3,4 + (4,0 \times 0,8) + h \times 1,6 \text{ m air} \\ &= 1,6 h - 0,2 \text{ m air}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama tekanan pada sisi kanan diatas garis Z-Z

$$\begin{aligned}&= 1,5 + (1,0 \times 1) + h \times 1 \text{ m air} \\ &= h + 2,5 \text{ m air}\end{aligned}$$

Oleh karena tekanan pada sisi kiri dan sisi kanan diatas garis data adalah sama, maka persamaan 1 dan 2

$$\begin{aligned}1,6 h - 0,2 &= h + 2,5 \\ 0,6 h &= 2,5 + 0,2 = 2,7 \\ h &= \frac{2,7}{0,6} = 4,5 \text{ m}\end{aligned}$$

BAB III

PERSAMAAN BERNOULI

A. Energi dari pada cairan yang bergerak.

Pada umumnya energi dibayangkan sebagai kapasitas kerja yang dilakukan. Kita ketahui energi yang keluar ada dalam berbagai bentuk, berikut ini beberapa yang penting untuk dibahas, yaitu:

1. Energi potensial
2. Energi kinetik
3. Energi tekanan.

1. Energi potensial.

Energi potensial dimiliki oleh partikel cairan, tergantung kepada keadaan posisinya.

Jika suatu partikel cairan Z meter diatas garis data yang telah ditentukan atau garis yang dipilih semua kita, lantas energi potensial dari pada partikel cairan tadi akan menjadi Z kgm/kg.

Potensial head dari pada cairan itu pada titik yang telah ditentukan akan menjadi Z meter dari cairan.

2. Energi kinetik.

Partikel cairan juga memiliki energi kinetik, energi ini diberikan bila cairan itu bergerak atau memiliki suatu kecepatan. Jika suatu partikel cairan mengalir dengan kecepatan rata rata v meter perdetik, maka energi kinetik dari pada partikel tersebut akan menjadi $v^2/2g$ kgm per kg cairan. Velocity head dari pada cairan tersebut dalam kecepatan itu adalah $v^2/2g$ meter cairan.

3. Energi tekanan dari cairan yang bergerak.

Dalam suatu partikel cairan yang bergerak juga memberikan tekanan. Jika suatu partikel cairan diberi tekanan p kg per meter kuadrat, maka energi tekanan dari cairan akan menjadi p/w kgm per kg cairan, dimana w adalah berat spesifik dari cairan.

B. Energi total dari partikel cairan yang bergerak.

Oxley (1965, 219) mengatakan bahwa seorang ilmuwan Swiss yang bernama Bernoulli, setelah melakukan beberapa sei percobaan mendapatkan suatu kesimpulan yang dia nyatakan dengan teori yang mengambil namanya sendiri.

Teori Bernoulli. Untuk sesuatu dari cairan yang selalu berhubungan antara semua partikel maka total energi dari masing partikel adalah sama.

Energi total adalah jumlah energi potensial, energi kinetik dan tekanan energi. Secara matematika dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Energi total} = Z + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{w} \text{ kgm/kg cairan.}$$

B. Contoh Pemakaian persamaan Bernoulli.

Sebuah venturi meter mempunyai diameter 15 mm untuk lubang masuk dan 10 mm lubang keluar dengan axis horizontal dipakai untuk mengukur aliran dari suatu oli dengan spgr 0,9 perbedaan oli dengan mercury kelihatan 20 cm. Dianggap kofisen dari meter 0,98. Hitung discharge dalam liter permenit.

Penyelesaian:

Diketahui diameter masuk = 15 cm, sehingga luas dari pada pemasukan $a_1 = \pi/4 \times 15^2 = 176,7 \text{ cm}^2$

Diameter pada kerongkongan = 10 cm

Sehingga luas pada kerongkongan $a_2 = \pi/4 \times 10^2 = 78,54 \text{ cm}^2$

Sp.gr dari pada oli = 0,9

Perbedaan tinggi tekanan, $h = 20 \text{ cm hg}$

$$= 20 \left(\frac{13,6 - 0,9}{0,9} \right) = 282,2 \text{ cm minyak}$$

Kofisen dari meter, $c = 0,98$

Dianggap $Q =$ Discharge dari oli pada kerongkongan pipa, sehingga dengan menggunakan persamaan,

$$\begin{aligned} Q &= \frac{C \cdot a_1 \cdot a_2}{\sqrt{a_1^2 - a_2^2}} \sqrt{2gh}, \text{ dengan notasi yang sama} \\ &= \frac{0,98 \times 176,7 \times 78,54}{\sqrt{176,7^2 - 78,54^2}} \times \sqrt{2 \times 981 \times 282,2} \text{ cm}^3/\text{sekon} \\ &= 6390 \text{ cm}^3/\text{sekon} = 63,93 \text{ liter/ sekon} \\ &= 3835,8 \text{ liter/menit.} \end{aligned}$$

Contoh 2.

Sebuah venturimeter yang horinzontal mempunyai ukuran 160 x 80 mm, dipakai untuk mengukur aliran minyak dengan spesifik gravity 0,8 Hitung defleksi dari pada alat ukur, jika discharge dari minyak 50 liter/sekon.

Penyelesaian

Diketahui diameter pipa = 160 mm = 16 cm

Sehingga luas dari pipa, $a_1 = \frac{\pi}{4} \times 16^2 = 201,06 \text{ cm}^2$

Diameter kerongkongan = 80 mm = 8 cm

Sehingga luas kerongkongan $a_2 = \frac{\pi}{4} \times 8^2 = 50,265 \text{ cm}^2$

SP.gr minyak = 0,8

Discharge, $Q = 50 \text{ liter/ sekon} = 50 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{sekon}$

Anggab $h =$ defleksi dari ukuran minyak dalam cm

$$= \left(\frac{13,6 - 0,8}{0,8} \times h \right) = 16 h \text{ cm minyak}$$

Koefisien dari meter, $C = 1$

Dipakai persamaan,

$$Q = \frac{C \cdot a_1 a_2}{\sqrt{a_1^2 - a_2^2}} \sqrt{2gh}$$
$$50 \times 10^3 = \frac{1 \times 201,06 \times 50,265}{\sqrt{201,06^2 - 50,265^2}} \times \sqrt{2 \times 981 \times 16h}$$
$$= 9197 \sqrt{h}$$
$$h = 29,6 \text{ cm} = 296 \text{ mm.}$$

soal 3

Sebuah venturi meter harus dipasang pada sebuah pipa dengan diameter 25 cm, dimana aliran maksimum adalah 7200 liter permenit dan tekanan 6 m air. Berapakah diameter minimum dari kerongkongan.

Penyelesaian.

Diketahui diameter inlet 25 cm, sehingga luas dari inlet menjadi

$$a_1 = \frac{\pi}{4} \times 25^2 = 490,87 \text{ cm}^2$$

pengeluaran (discharge) $Q = 7200$ liter/ menit

$$= 120 \text{ liter/sekon} = 120 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{sekon}$$

pressure head $h = 6 - 0 = 6 \text{ m} = 600 \text{ cm air}$

dianggap $a_2 =$ luas kerongkongan, koefisien dari venturimeter $C=1$

Dipakai persamaan:

$$Q = \frac{C \cdot a_1 \cdot a_2}{\sqrt{a_1^2 - a_2^2}} \sqrt{2gh}$$

$$= \frac{C \cdot a_1}{\sqrt{\frac{a_1^2 - a_2^2}{a_2^2}}} \times \sqrt{2gh}$$

$$= \frac{C \cdot a_1}{\sqrt{\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 - 1}} \times \sqrt{2gh}$$

$$120 \times 10^3 = \frac{1 \times 490,87}{\sqrt{\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 - 1}} \times \sqrt{2 \times 981 \times 600}$$

$$\text{atau } \sqrt{\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 - 1} = \frac{490,87}{120 \times 10^3} \times \sqrt{2 \times 981 \times 600}$$

$$= 4,438$$

dikuadratkan kedua sisi, $\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 - 1 = 4,438^2$

$$\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 = 4,438^2 + 1 = 20,7$$

atau
$$\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 = \sqrt{20,7} = 4,55$$

sehingga
$$a_2 = \frac{a_1}{4,55} = \frac{490,87}{4,55} = 107,88 \text{ cm}$$

jadi diameter dari kerongkongan,
$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \times 107,88}{\pi}} \text{ cm}$$

$$= 11,72 \text{ cm}$$

soal.

Sebuah ventori meter mempunyai perbandingan luas 9 : 1. Luas yang terbesar mempunyai diameter 30 cm. Selama pengaliran pencatat tekanan dibagian yang terbesar menunjukkan 6,5 m dan pada kerongkongan menunjukkan 4,25 m. Jika koefesien meter, $c = 0,99$ Hitung pengeluaran melalui meter.

Pyelesaian:

Bila diketahui perbandingan luas $a_1/a_2 = 9$.

Diameter bagian yang terbesar = 30 cm = 0,3 m sehingga luas $a_1 = \pi/4 \cdot 0,3^2 = 0,07069 \text{ m}^2$.

Dan luas bagian yang terkecil = 4,25 m sehingga perbedaan tekanan, $h = 6,5 - 4,25 = 2,25 \text{ m}$

Koefesien meter $c = 0,99$.

Bila diketahui $Q =$ pengeluaran pada meter dengan memakai persamaan dibawah dapat dicari Q sebagai berikut:

$$Q = \frac{C \cdot a_1 \cdot a_2}{\sqrt{a_1^2 - a_2^2}} \sqrt{2gh}$$

$$= \frac{0,99 \times 0,07069 \times 0,00785}{\sqrt{0,07069^2 - 0,00785^2}} \times \sqrt{2 \times 981 \times 2,25} \text{ m}^3/\text{sekon}$$

$$= 0,052 \text{ m}^3/\text{sekon} = 52,0 \text{ liter/sekon.}$$

BAB IV HYDROSTATIK

A. Pendahuluan.

Kita telah membicarakan pada bab-bab sebelumnya bahwa cairan yang dalam keadaan diam, memberikan tekanan pada semua sisi dari bejana dimana air tersebut berada. Kita pun telah membahas persoalan-persoalan tentang intensitas dari pada tekanan tersebut. Pada bagian ini akan dibicarakan tentang tekanan total pada permukaan dan posisi lainnya, misalnya pada suatu titik dimana tekanan total bekerja.

Jadi hidrostatik maksudnya adalah mempelajari tekanan, yang diberikan dalam keadaan diam.

B. Jumlah tekanan atau gaya hidrostatik.

Jumlah tekanan pada suatu permukaan bidang datar yang terbenam dalam zat cair; bisa dibayangkan sebagai jumlah tekanan yang diberikan oleh zat cair tersebut. Jumlah tekanan yang dikerjakan pada benda padat tersebut gaya hidrostatik.

Gaya hidrostatik = tekanan \times luas permukaan

Jika;

P = Jumlah tekanan (gaya hidrostatik)

p_1, p_2, p_3, \dots = intensitas tekanan pada bagian-bagian yang berbeda dari permukaan.

a_1, a_2, a_3, \dots = Luas dari bagian-bagian tersebut, maka

$P = p_1 a_1 + p_2 a_2 + p_3 a_3 \dots$ atau secara integral dapat ditulis sebagai berikut:

$$dP = p \, dA$$

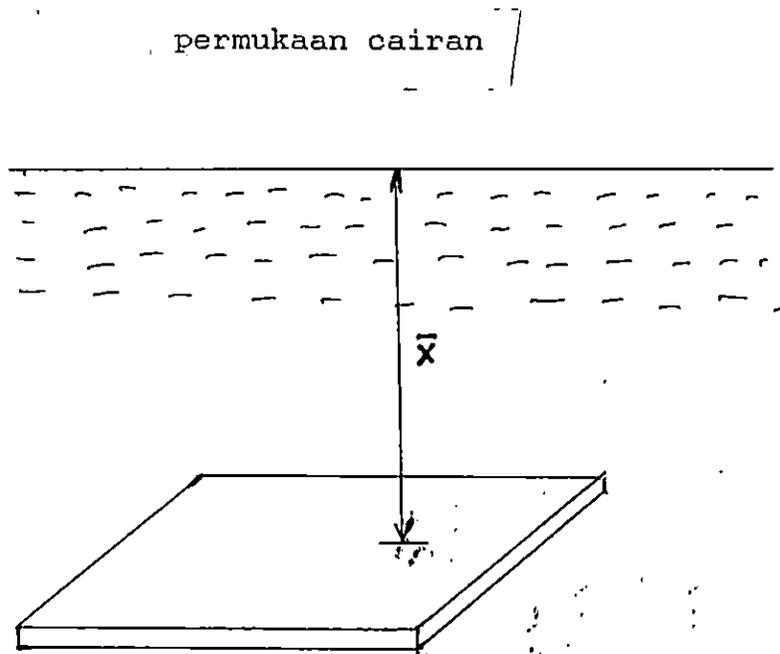
$$P = p \cdot dA = p \cdot A$$

Gaya hydrostatik ini bekerja pada suatu titik dipermukaan yang disebut pusat tekanan.

Bila permukaan benda padat itu rata, maka gaya hydrostatik itu sama dengan jumlah tekanan, tapi bila permukaan benda padat itu lengkung maka gaya hydrostatik lebih kecil dari pada kalau permukaannya rata.

C. Jumlah tekanan pada suatu permukaan rata dalam zat cair.

Perhatikan sebuah bidang rata yang terletak mendatar dalam cairan seperti terlihat pada gambar dibawah.



Gambar. 17. Bidang rata dalam cairan.

Bila diketahui :

w = Berat spesifik cairan

A = Luas bidang datar

x = Tinggi permukaan, P = berat zat cair diatas permukaan bidang datar, ini sama dengan berat spesifik cairan \times luas permukaan bidang datar \times kedalam zat cair.

$$P = wA \times x$$

Contoh.

Sebuah tangki empat persegi panjang, dengan panjang 5 meter dan lebar 2 meter berisi air dengan ketinggian 2,5 meter.

Hitunglah tekanan p yang bekerja pada dasar tangki.

Diketahui :

Panjang dasar 5 m

Lebar 2 m

Luas dasar $A = 5 \times 2 \text{ m} = 10 \text{ m}^2$

Kedalaman dasar dari permukaan air:

$$z = 2,5 \text{ m}$$

Jadi total tekanan pada dasar adalah:

$$P = w A x$$

$$= 1000 \times 10 \times 2,5 = 25000 \text{ kg}$$

$$= 25 \text{ ton}$$

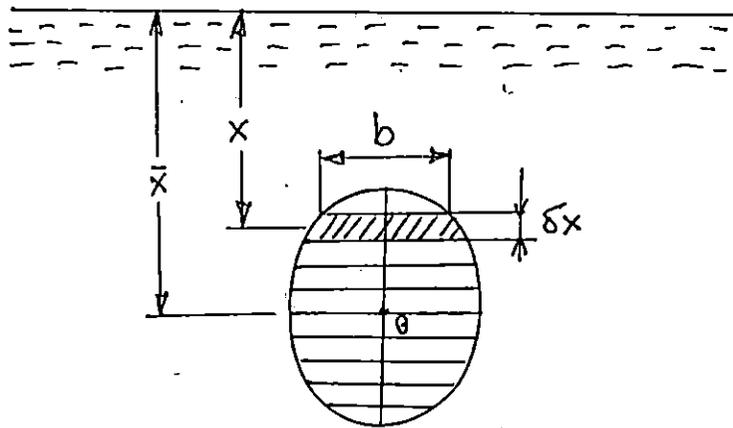
D. Jumlah tekanan pada bidang datar miring.

Bila kita perhatikan posisi bidang miring dalam zat cair, bidang miring ini membentuk sudut θ terhadap permukaan zat cair.

Dalam gambar 17 dibawah, kita ketahui:

x = Jarak lengan elemen kepermukaan
 \bar{x} = Jarak lengan titik berat bidang kepermukaan.
 h = Jarak elemen kepermukaan
 \bar{h} = jarak titik berat bidang kepermukaan.

permukaan cairan



Gambar 18. bidang miring

Pada gambar diatas perhatikann elemen bidang :

$$\text{Luas elemen} = dA = b \cdot dx$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya statis fluida pada elemen} &= dF = \rho \cdot dA \\ &= \rho \cdot g \cdot h \cdot dA \end{aligned}$$

$$h = x \cdot \sin \theta$$

$$\text{Maka : } dF = \rho \cdot g (x \cdot \sin \theta) \cdot dA$$

Gaya statis fluida pada seluruh bidang:

$$F = \int \rho \cdot g (x \cdot \sin \theta) \cdot dA = \rho \cdot g \cdot \sin \theta \int x \cdot dA$$

dimana ; $\int x \cdot dA = \bar{x} \cdot A$ (jarak titik berat bidang dikali luas A)

$$\text{dan } \bar{x} \cdot \sin \theta = \bar{h}$$

$$\text{maka } F = \rho \cdot g \cdot \bar{h} \cdot A$$

F = gaya resultan, garis kerja gaya F melalui suatu titik yang disebut titik pusat tekanan.

Momen gaya resultan disekitar sumbu adalah sama dengan jumlah momen dari seluruh gaya yang bekerja disekitar sumbu tersebut.

$$\int (dF \cdot x) = F \cdot xc$$

$$\int (\rho \cdot g \cdot x \sin \theta \cdot dA \cdot x) = (\rho \cdot g \cdot \sin \theta \cdot \bar{x} \cdot A) \cdot xc$$

$$(\rho \cdot g \cdot \sin \theta) \int x^2 \cdot dA = (\rho \cdot g \cdot \sin \theta) (\bar{x} \cdot A) \cdot xc.$$

dimana: $\int x^2 \cdot dA$ = momen inersia bidang terhadap titik $O = I_o$,

$$\text{maka: } I_o = (\bar{x} \cdot A) \cdot xc$$

$$xc = I_o / \bar{x} \cdot A$$

xc = jarak lengan titik pusat tekanan ke permukaan

A = luas bidang

Jika momen inersia terhadap sumbu yang melalui titik berat = I_G , maka I_o dapat juga ditentukan berdasarkan dalil pergeseran sumbu.

$$\text{maka } I_o = (I_G + A) X$$

sehingga kalau disubstitusikan persamaan xc diatas akan terdapat:

E. Pemakaian Hydrostatis.

Pendahuluan.

Dalam bab bab terdahulu kita telah mendiskusikan tentang tekanan hydrostatik dan berbagai macam tekanan permukaan.

Dana juga telah didiskusikan pusat tekanan tekanan tersebut.

Pada bagian ini akan dibicarakan tentang pemakaian hydrostatik, seperti misalnya pemakaian dalam tekanan tekanan total dan tekanan pusat pada beberapa struktur teknik.

1. Diagram Tekanan.

Diagram tekanan dapat dikatakan suatu grafik yang tetap dan varian intekritas tekanan diatas permukaan. Diagram tersebut adalah sangat berguna untuk mendapatkan atau menyelesaikan tekanan total dan tekanan pusat dengan cairan dipermukaan tegak. Seperti misal dinding atas dam.

Permukaan tegak mungkin akan menerima tekanan tekanan sebagai berikut:

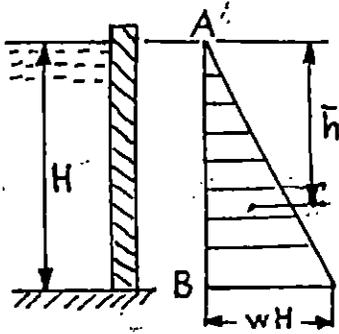
1. Tekanan dikarenakan oleh satu jenis cairan pada satu sisi.
2. Tekanan disebabkan satu jenis cairan, atau ditekan oleh hal lain pada satu sisi.
3. Tekanan dikarenakan cairan pada kedua sisi.

Pada saat ini kita coba membahas dari ketiga hal tersebut diatas satu persatu.

1. Tekanan satu jenis cairan pada satu sisi.

Perhatikan dinding vertikal, menahan tekanan dari pada

cairan pada salah satu sisinya dapat terlihat pada gambar.



dimana :

H = Tinggi cairan.

W = Berat spesifik cairan.

P = Tekana total pada dinding persatuan panjang.

diketahui bahwa tekanan pada dinding adalah 0 pada permukaan cairan, dan akan meningkat secara garis lurus menurut persamaan WH pada dasar. Oleh karena itu diagram tekanan akan berbentuk segitiga ABC seperti terlihat pada gambar. Tekanan total pada dinding persatu panjang.

$$P = \text{Luas } ABC = \frac{1}{2} \times H \times WH = \frac{WH^2}{2}$$

$$P = \frac{WH^2}{2}$$

Tekanan ini bekerja pada kedalaman $\frac{2H}{3}$ dari permukaan cairan, atau dengan kata lain pada $\frac{H}{3}$ dari dasar cairan.

2. Tekanan dari e cairan yang berbeda dari pada satu sisi.

Perhatikan dinding tegak, menahan tekanan yang disebabkan oleh suatu cairan.

Pada satu sisi seperti nampak pada gambar

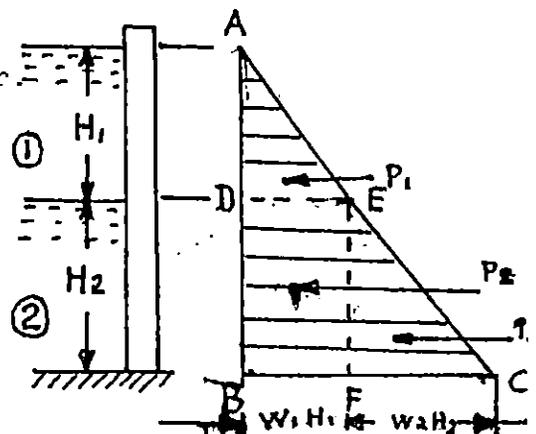
H1 = tinggi cairan 1

W1 = berat spesifik cairan 1

H2 = Tinggi cairan 2

W2 = berat spesifik cairan 2

P = jumlah tekanan pada dinding



Juga diketahui bahwa tekanan adalah 0 pada permukaan cairan, dan dia akan dia akan meningkat menurut persamaan garis garis lurus W_1H_1 sampai kedalaman H_1 , dia akan lebih meningkat dengan persamaan garis lurus menjadi $W_1H_1 + W_2H_2$

Tekanan P_1 pada permukaan AD_1 oleh karena cairan 1, luas ADE ($P_1 = \frac{W_1H_1^2}{2}$) tekanan pada permukaan DB terdiri dari tekanan P_2 .

Demikian juga tekanan P_3 oleh karena cairan 2.

Tekanan ini digambarkan oleh trapesium $BCED$. Luas empat persegi panjang $DBFE = P_2 = W_1.H_1 \times H_2$ dan luas $FCE = \frac{W_2.H_2^2}{2}$

Jumlah tekanan $P = P_1 + P_2 + P_3$

Garis kerja dari total tekanan didapatkan dengan persamaan nomor P, P_1, P_2 dan P_3 pada A .

Carilah besar dan garis kerjadari gaya resultan yang dipergunakan pada sisi atas tangki. Dengan luas sisi 50 cm dan kedalaman 1 meter.

Tangki diisi dengan 1/2 cairan dengan grafiti 2, dan sisanya dengan cairan grafiti 1.

Penyelesaian.

Sisi dari pada tanki bujur sangkar 50 cm = 0,5 m. Dalam dari pada tanki 1 m, dalam dari pada cairan dengan sp gr 2 = $H_2 = 0,5$ m dalam cairan dengan sp gr 1 = 0,5 m

diagram tekanan pada satuan dari pada tanki ditunjukkan pada gambar diatas. Kita ketahui tekanan pada D atau B disebabkan cairan dengan sp gr 1

$$DE = BF = W_1H_1 = (1 \times 1000) \times 0,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 500 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi total sampai ke D akibat cairan 1

$$P_1 = \text{luas ADE} \times \text{panjang dinding tanki.}$$

$$= \left(\frac{1}{2} \times 500 \times 0,5 \right) = 62,5 \text{ kg}$$

dan total tekanan sampai ke B akibat cairan 1.

$$P_2 = \text{luas BDFE} \times \text{panjang dinding tanki}$$

$$= (500 \times 0,5) \times 0,5 = 125,0 \text{ kg.}$$

2. Soal soal dan penyelesaiannya.

1. Sebuah tangki dengan dasar empat persegi panjang berisi air setinggi 2,5 m. Panjang tangki 5 m dan lebar 2 m. Hitunglah total tekanan pada dasar tangki.

Penyelesaian:

$$\text{Luas dasar tangki; } A = 5 \cdot 2 = 10^2$$

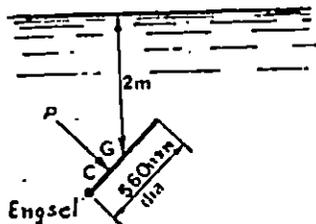
Tekanan pada dasar tangki;

$$p = w \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,5 = 24525 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Total tekanan; } F = p \cdot A = 24525 \cdot 10$$

$$F = 245250 \text{ N}$$

2. Sebuah lubang palka kapal selam berdiameter 560 mm dan membuat sudut 45° terhadap permukaan laut.



pintu penutup lubang palka ini engselnya terletak pada posisi dasar laut.

Tentukan tekanan udara dalam kapal yang bekerja pada pintu, apabila titik berat pintu berada 2 m dibawah permukaan laut.

Massa jenis = 1025 kg/m^3 . (R.M.Russell,1970:14).

penyelesaian:

$$A = \frac{II}{4} \cdot d^2 = \frac{II}{4} (0,56)^2 = 0,2463 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Total tekanan; } p &= \rho \cdot g \cdot h \cdot A \\ &= 1025 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 0,2463 \\ &= 4954 \text{ N} \end{aligned}$$

$$kG^2 = \frac{I}{II/64 \cdot d^4} = \frac{d^4}{16} = \frac{(0,56)^4}{16}$$

$$kG^2 = 0,0196 \text{ m}^4$$

$$x = \frac{2}{\sin 45^\circ} = 2,83 \text{ m}$$

Jarak antara titik pusat tekanan dengan titik berat bidang:

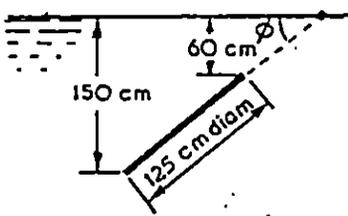
$$GC = \frac{kG^2}{x} = \frac{0,0196}{2,83} = 0,00693 \text{ m}$$

Momen terhadap engsel:

$$4954 \left(\frac{1}{2} \cdot 0,56 - 0,00693 \right) = 0,2463 \cdot \rho \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,56$$

$$P = \frac{1352,788}{0,0689} = 19634 \text{ N/m}^2$$

3. Sebuah bidang berdiameter 125 cm ditenamkan dalam air dengan posisi miring seperti gambar dibawah.



Hitunglah gaya hidrostatis pada salah satu sisi bidang tersebut dan jarak vertikal titik pusat tekanan ke permukaan

Penyelesaian:

$$\text{Luas bidang; } A = \frac{\pi}{4} (1,25)^2 = 1,228 \text{ m}^2$$

Kedalaman titik berat bidang:

$$h = \frac{1}{2} (60 + 150) = 105 \text{ cm} = 1,05 \text{ m}$$

Gaya hidrostatis: $F = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$

$$= 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,05 \cdot 1,228$$

$$F = 12649 \text{ N}$$

Jari-jari gyrasi untuk bidang bundar;

$$k_G^2 = \frac{r^2}{4} = \frac{1}{4} (0,625)^2 = 0,0976 \text{ m}^2$$

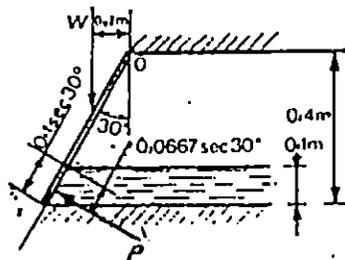
$$\sin \theta = \frac{150 - 60}{125} = \frac{90}{125}$$

Jarak vertikal pusat tekanan ke permukaan:

$$h_c = \sin^2 \theta \left(\frac{kG^2}{h} \right) + h$$

$$= \left(\frac{90}{125} \right)^2 \left(\frac{0,0976}{1,05} \right) + 1,05 = 1,098 \text{ m}$$

4. Sebuah terusan air horizontal tinggi 400 mm dan lebar 400 mm, mempunyai sebuah pintu yang dipasang 30° terhadap vertikal dan berengsel pada titik O. Jika kedalaman air dalam terusan diharapkan 100 mm, tentukanlah massa pintu yang dibutuhkan. Dianggap titik berat pintu secara horizontal 100 mm dari sumbu engselnya. (R.M.Russel, 1970:15)



Penyelesaian:

Luas pintu yang terendam air:

$$A = 0,4 \cdot 0,1 \cdot \sec 30^\circ = 0,0462 \text{ m}^2$$

Gaya hidrostatis air:

$$F = \rho \cdot g \cdot h \cdot A = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,05 \cdot 0,0462$$

$$F = 22,66 \text{ N}$$

Jarak titik pusat tekanan terhadap O adalah:

$$\left[0,4 - \frac{1}{3}(0,1) \right] \sec 30^\circ = 0,367 \cdot \sec 30^\circ$$

Persamaan momen terhadap O;

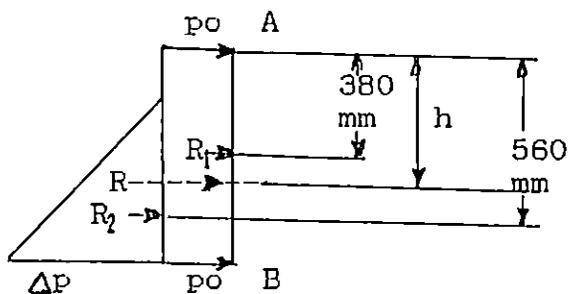
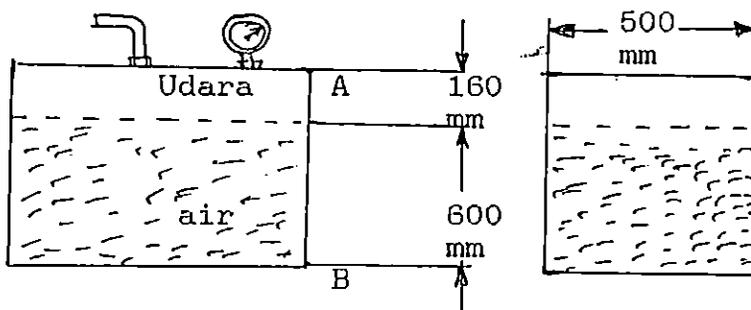
$$22,66 \cdot 0,367 \cdot \sec 30^\circ = 0,1 \cdot W$$

Berat pintu; $W = 96 \text{ N}$

$$\text{Massa pintu; } m = \frac{96}{9,81} = 9,786 \text{ kg.}$$

5. Udara berada dalam suatu bejana tertutup dan berisi air yang menjaga tekanan 5,5 kPa diatas atmosfer. Hitunglah resultante gaya R yang diakibatkan udara dan air pada ujung tangki.

(J.L.Meriam,1980:249).



Penyelesaian:

Tekanan terbagi rata pada dinding adalah:

$p_0 = 5,5 \text{ kPa}$ (diagram empat persegi panjang)

Diagram tekanan dari air berbentuk segi tiga, yaitu:

$$p = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,6$$

$$= 5,89 \text{ kPa}$$

Resultante gaya R_1 dan R_2 dimiliki oleh empat persegi dan segi tiga dari diagram tekanan.

$$R_1 = p_0 \cdot A = 5,5 (0,76)(0,5) = 2,09 \text{ KN}$$

$$R_2 = p \cdot A \frac{5,89}{2} (0,6)(0,5) = 0,883 \text{ KN}$$

$$\text{Total tekanan } R = R_1 + R_2 = 2,09 + 0,883$$

$$R = 2,97 \text{ KN.}$$

$$\text{Jarak garis aksi } R_1 \text{ dari A adalah } \frac{1}{2} \cdot 760 = 380 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak garis aksi } R_2 \text{ dari A adalah: } \frac{2}{3} (600) + 160 = 560 \text{ mm}$$

Jika h = jarak garis aksi resultante R ke tutup tangki,

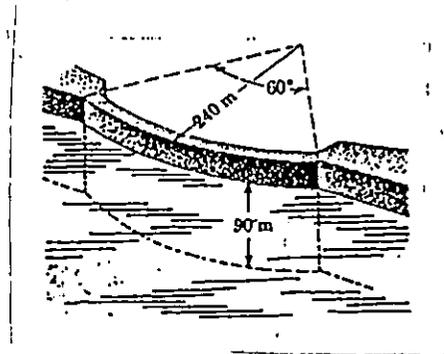
maka:

$$R \cdot h = \sum MA$$

$$2,97 \cdot h = 2,09(380) + 0,883 (560)$$

$$h = 433 \text{ mm.}$$

6. Sebuah dam mempunyai permukaan lengkung dengan jari-jari 240 mm dan membentuk sudut 60° . Jika kedalaman air 90 m, hitunglah total gaya akibat tekanan air pada permukaan dam. (J.L.Meriam,1980:252)



Penyelesaian:

Resultante tekanan:

$$p = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 45$$
$$p = 441450 \text{ N/m}^2$$

Panjang sisi lengkung (keliling tembereng)

$$= \left(60^\circ \frac{\pi}{180}\right) 240 \text{ m} = 251,33 \text{ m}$$

Luas permukaan yang terendam air:

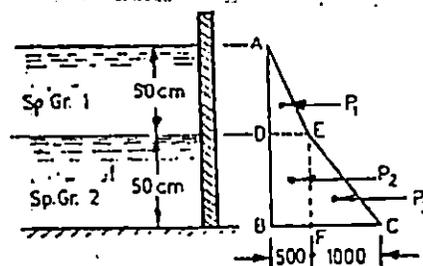
$$A = 251,33 \cdot 90 = 22619,7 \text{ m}^2$$

Gaya total: $F = P \cdot A = (441450) (22619,7)$

$$F = 9,98 \text{ GN.}$$

7. Sebuah tangki empat persegi dengan lebar sisi 50 cm dan kedalaman 1 m. Tangki diisi setengahnya dengan cairan dengan kerapatan relatif $s_1 = 1$ dan setengahnya lagi dengan cairan kerapatan relatif $s_2 = 2$. Hitunglah resultante gaya cairan dan garis aksinya yang menekan dinding tangki.

(R.S.Khurmi, 1984:86).



Penyelesaian:

Lebar satu sisi tangki = 0,5 m

Kedalaman cairan s_1 ; $H_1 = 0,5 \text{ m}$

Kedalaman cairan s_2 ; $H_2 = 0,5 \text{ m}$

Diagram tekanan salah satu sisi tangki diperlihatkan dalam gambar di atasnya.

a. Besar resultante gaya.

Kita tahu bahwa tekanan di D atau B dimiliki oleh cairan s_1 .

$$\begin{aligned} DE = BF = w_1 \cdot H_1 &= 1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \\ &= 4905 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Total tekanan di atas D dimiliki oleh cairan s_1 adalah:

$$\begin{aligned} P_1 &= \text{luas } \triangle ADE \cdot \text{lebar tangki.} \\ &= (1/2 \cdot 4905 \cdot 0,5) \cdot 0,5 = 613,13 \text{ N} \end{aligned}$$

Total tekanan di atas B yang dimiliki cairan s_1 adalah:

$$\begin{aligned} P_2 &= \text{luas BDEF} \times \text{lebar tangki} \\ &= (1/2(4905 \cdot 0,5) \cdot 0,5 = 1226,25 \text{ N} \end{aligned}$$

Tekanan pada B yang dimiliki cairan s_2 , yaitu:

$$\begin{aligned} FC = w_2 \cdot H_2 &= 2 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \\ &= 9810 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Total tekanan di atas B yang dimiliki cairan s_2 , yaitu:

$$\begin{aligned} P_3 &= \text{luas } \triangle EFC \times \text{lebar tangki} \\ &= (1/2 \cdot 9810 \cdot 0,5) \cdot 0,5 = 1226,25 \text{ N} \end{aligned}$$

Resultante tekanan :

$$\begin{aligned} P &= P_1 + P_2 + P_3 \\ &= 613,13 + 1226,25 + 1226,25 \\ &= 3065,63 \text{ N} \end{aligned}$$

b. Garis aksi resultante tekanan.

Jika h = kedalaman garis aksi Resultante tekanan dari A.

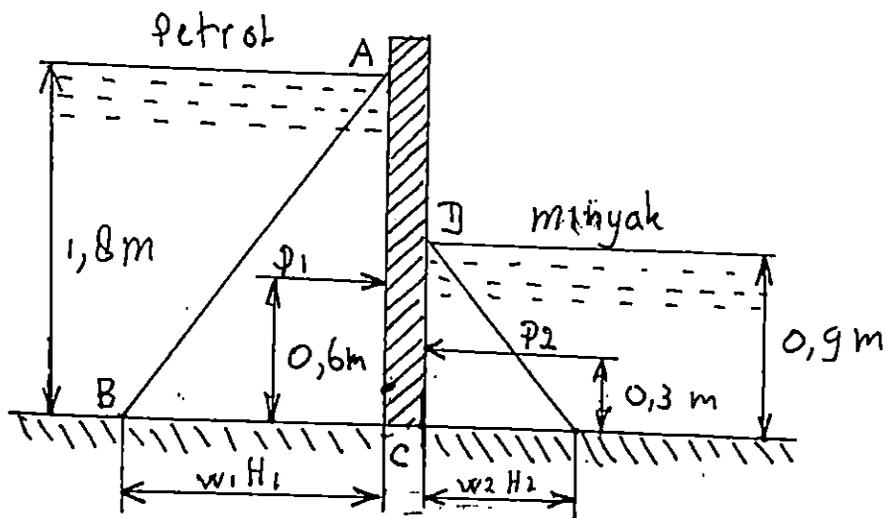
Maka persamaan momen terhadap titik A adalah:

$$P_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,5 + P_2 \left(0,5 + \frac{0,5}{2}\right) + P_3 \left(0,5 + \frac{2 \cdot 0,5}{3}\right)$$

$$3065,63 \cdot h = \left(613,13 \cdot \frac{1}{3}\right) + \left(1226,25 \cdot \frac{3}{4}\right) + \left(1226,25 \cdot \frac{5}{6}\right)$$

$$h = 0,7 \text{ m.}$$

8. Suatu dinding pemisah panjang 3 m membagi sebuah tangki penampung. pada satu sisi berisi petrol dengan kerapatan relatif 0,78 sedalam 1,8 m, pada sisi yang lain berisi minyak dengan kerapatan relatif 0,88 dan kedalaman 0,9 m. Hitunglah resultante tekanan pada dinding pemisah dan posisi garis aksinya. (R.S.Khurmi, 1984:89)



Penyelesaian:

Panjang dinding $l = 3 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis petrol; } w_1 &= 0,78 \cdot 1000 \cdot 9,81 \\ &= 7,652 \text{ KN/m}^3 \end{aligned}$$

Kedalaman petrol; $H_1 = 1,8 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis oil ; } w_2 &= 0,88 \cdot 1000 \cdot 9,81 \\ &= 8,633 \text{ KN/m}^3 \end{aligned}$$

Kedalaman oil; $H_2 = 0,9 \text{ m}$

Tekanan petrol tiap satuan panjang adalah :

$$P_1' = \frac{1}{2} \cdot w_1 \cdot H_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 7,652 \cdot 1,8^2 = 12,396 \text{ KN/m}$$

Tekanan (gaya pada dinding); $P_1 = P_1' \cdot \text{panjang}$

$$P_1 = 12,396 \cdot 3 = 37,19 \text{ KN}$$

Tekanan oil tiap satuan panjang adalah :

$$P_2' = \frac{1}{2} \cdot w_2 \cdot H_2^2 = \frac{1}{2} \cdot 8,633 \cdot (0,9)^2 = 3,496 \text{ KN/m}$$

Tekanan (gaya pada dinding); $P_2 = P_2' \cdot \text{panjang}$

$$P_2 = 3,496 \cdot 3 = 10,49 \text{ KN}$$

Resultante tekanan pada dinding:

$$P = P_1 - P_2 = 37,19 - 10,49 = 26,7 \text{ KN}$$

Garis aksi Resultante tekanan.

Jika h = kedalaman garis aksi Resultante tekanan dari C.

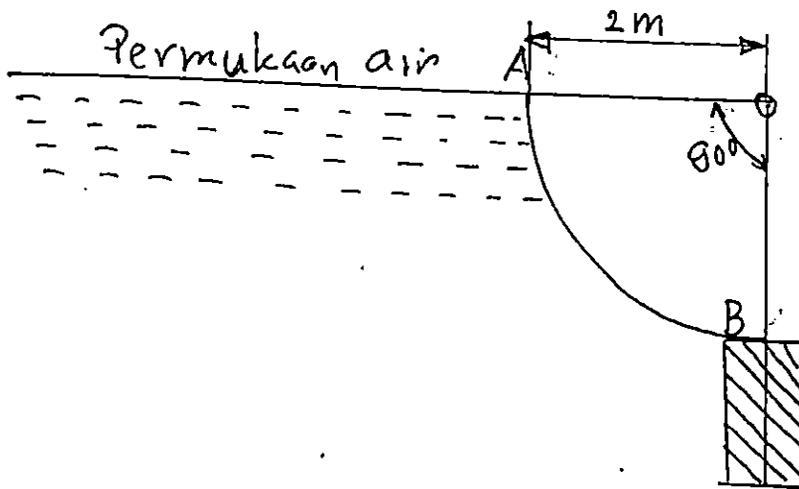
Maka persamaan momen terhadap C adalah:

$$P \cdot h = P_1 \cdot 0,6 - P_2 \cdot 0,3$$

$$26,7 \bar{h} = 37,19 \cdot 0,6 - 10,49 \cdot 0,3$$

$$\bar{h} = 0,718 \text{ m.}$$

9. Tentukan resultante gaya akibat air yang bekerja pada luas lengkungan AB dalam gambar dibawah dibawah ini per meter panjangnya. (R.V.Giles, 1986:29)



Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Gaya horizontal; } F_h &= \rho \cdot g \cdot h \cdot A \\ &= 1000 \cdot 9,81(1)(2 \cdot 1) \\ &= 19620 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F_h \text{ bekerja } \frac{2}{3} (2) = \frac{4}{3} \text{ m dari C}$$

Gaya vertikal; F_v = berat fluida diatas bidang AB

$$F_v = \rho \cdot g \cdot \text{volume cairan diatas bidang AB}$$

$$= 1000 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 2^2}{4} \cdot 1 \right) = 30820 \text{ N}$$

F_v bekerja melalui pusat berat volume cairan

Pusat berat seperempat lingkaran terletak pada suatu jarak

$$\frac{4}{3} \cdot \frac{r}{\pi} \text{ dari hari-jari tegak lurus yang mana saja.}$$

$$\text{Jadi } x = \frac{4}{3} \cdot \frac{2}{\pi} = 0,85 \text{ m sebelah kiri garis BC}$$

$$\begin{aligned} \text{Resultante gaya; } R &= \sqrt{F_h^2 + F_v^2} \\ &= \sqrt{(19620)^2 + (30820)^2} \\ &= 36535,15 \text{ N} \end{aligned}$$

Kemiringan resultante gaya terhadap bidang horizontal;

$$\text{tg } \alpha = \frac{F_v}{F_h} = \frac{30820}{19620} = 1,57$$

$$\alpha = 57^\circ 31' 18''$$

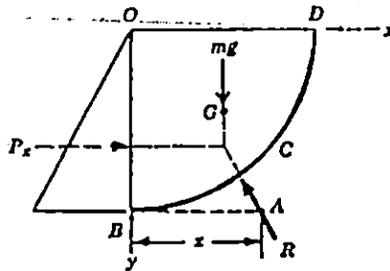
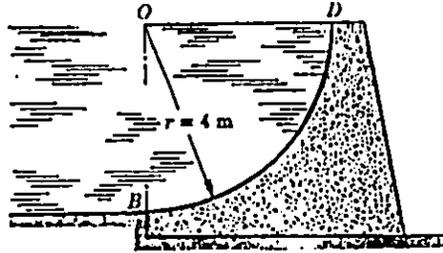
Tiap gaya dF bekerja tegak lurus kelengkungan AB, sehingga garis kerjanya selalu melalui engsel C. Karena itu momen terhadap C adalah nol.

$$\text{Bukti : } MC = -19620 \cdot \frac{4}{3} + 30820 \cdot 0,85 = 0$$

10. Hitunglah Resultante gaya R pada permukaan lengkung dam akibat tekanan air. Massa jenis (density) air 1000 kg/m^3 dan lebar dam (b) 30 m . (J.L.Meriam, 1980:250).

Penyelesaian:

Volume air diatas permukaan dam dibatasi oleh bidang BDO, seperti diperlihatkan pada Free Body diagram.



Luas bidang BO sebagai proyeksi BD adalah:

$$A = b \cdot r = 30 \cdot 4 = 120 \text{ m}$$

Jarak titik berat bidang BO ke permukaan;

$$h = 2 \text{ m}$$

Gaya horizontal ; $P_x = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$

$$= 1000 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 120$$

$$= 2354,4 \text{ KN}$$

Volume cairan diatas bidang BD adalah :

$$\text{Vol} = \frac{\text{II} \cdot r^2}{4} \cdot b = \frac{\text{II} \cdot 4}{4} \cdot 30 = 377 \text{ m}^3$$

Gaya vertikal; $P_y = \text{berat cairan diatas bidang BD}$

$$= \rho \cdot g \cdot \text{Vol} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 377$$

$$= 3698,4 \text{ KN.}$$

$$\begin{aligned} \text{Resultante gaya } R &= \sqrt{P_x^2 + P_y^2} \\ &= \sqrt{(2354,4)^2 + (3698,4)^2} \\ &= 4384,2 \text{ KN} \end{aligned}$$

Kemiringan Resultante R terhadap bidang horizontal;

$$\text{tg } \theta = \frac{P_y}{P_x} = \frac{3698,4}{2354,4} = 1,57$$

$$\theta = 57^\circ 31' 9''$$

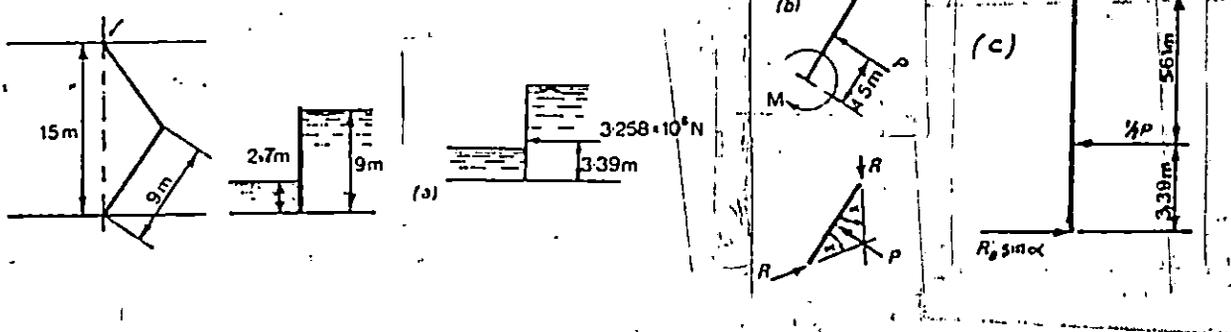
Garis kerja R melalui titik O.

11. Pada gambar dibawah memperlihatkan sebuah pintu air (lock gates) dimana kedalaman air pada satu sisi 9 m dan pada sisi sebelahnya 2,7 m. air = 1000 kg/m³

Hitunglah:

- Resultante gaya yang menekan salah satu pintu.
- Momen puntir yang dibutuhkan pada engsel untuk membuka pintu.
- Besar dan arah reaksi dari engsel atas dan engsel bawah.

(R.M.Russell, 1970:16)



Penyelesaian:

$$H_1 = 9 \text{ m} \rightarrow \bar{h}_1 = -\frac{1}{2} \cdot 9 = 4,5 \text{ m}$$

$$H_2 = 2,7 \text{ m} \rightarrow \bar{h}_2 = -\frac{1}{2} \cdot 2,7 = 1,35 \text{ m}$$

$$A_1 = 9 \cdot 9 \text{ m} = 81 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 2,7 \cdot 9 \text{ m} = 24,3 \text{ m}^2$$

y = jarak antara engsel = 9 m

Gaya tekan air sebelah kanan pintu;

$$P_1 = w \cdot \bar{h}_1 \cdot A_1 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 4,5 \cdot 81 \\ = 3575745 \text{ N}$$

Gaya tekan air sebelah kiri pintu;

$$P_2 = w \cdot \bar{h}_2 \cdot A_2 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,35 \cdot 24,3 \\ = 321817 \text{ N}$$

a. Resultante gaya:

$$P = P_1 - P_2 = 3575745 - 321817 = 3253928 \text{ N}$$

Jarak pusat tekanan P dari dasar pintu, gunakan rumus

$$h = \frac{1}{3} (P_1 \bar{h}_1 - P_2 \bar{h}_2)$$

$$h = \frac{P_1 \bar{h}_1 - P_2 \bar{h}_2}{3253928} = 3,2 \text{ m}$$

b. Momen puntir yang diperlukan untuk membuka pintu:

$$M = P \cdot h = 3253928 \cdot 3,2 = 10412570 \text{ Nm}$$

$$c. \cos \alpha = \frac{7,5}{9} = 0,8333$$

$$\alpha = 33^\circ 34'$$

Besar reaksi pada engsel atas digunakan persamaan

$$\left(\frac{P_1}{2} \cdot \frac{H}{3} \right) - \left(\frac{P_2}{2} \cdot \frac{H}{3} \right) - RA \cdot \sin \alpha \cdot y = 0$$

$$\left(\frac{3575745}{2} \cdot \frac{9}{3} \right) - \left(\frac{321817}{2} \cdot \frac{2,7}{3} \right) - RA \cdot \sin 33^\circ 34' \cdot 9 = 0$$

$$RA = 1048760 \text{ N}$$

Reaksi pada engsel bawah digunakan rumus

$$\frac{1}{2} (P_1 - P_2) = RA \cdot \sin \alpha + RF \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{1}{2} (3252928) = 1048760 \sin 33^\circ 34' + RF \cdot \sin 33^\circ 34'$$

$$RF = 1893804,6 \text{ N.}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Frank M. White, Mekanika Zatir, Erlangga Jakarta, 1984.
- Holman, J. P & Jasjfi. E, Heat Transfer, Erlangga Jakarta 1984.
- Khurmi, R.S, A text Book of Hydraulics, Fluid Mechanics and Hydraulic Machines, S. Chand & Company Ltd, Ram Nagar, New Delhi 110055, 1984.
- Khetagurov, M, Marine Auxiliary Machinery and Systems, Peace Publisher Moscow.
- Oxley, A. Mechanical Engineering Science for Technicians Course, Edwar Arnold (Publisher) Ltd, 41 Maddox Street, London, 1965.