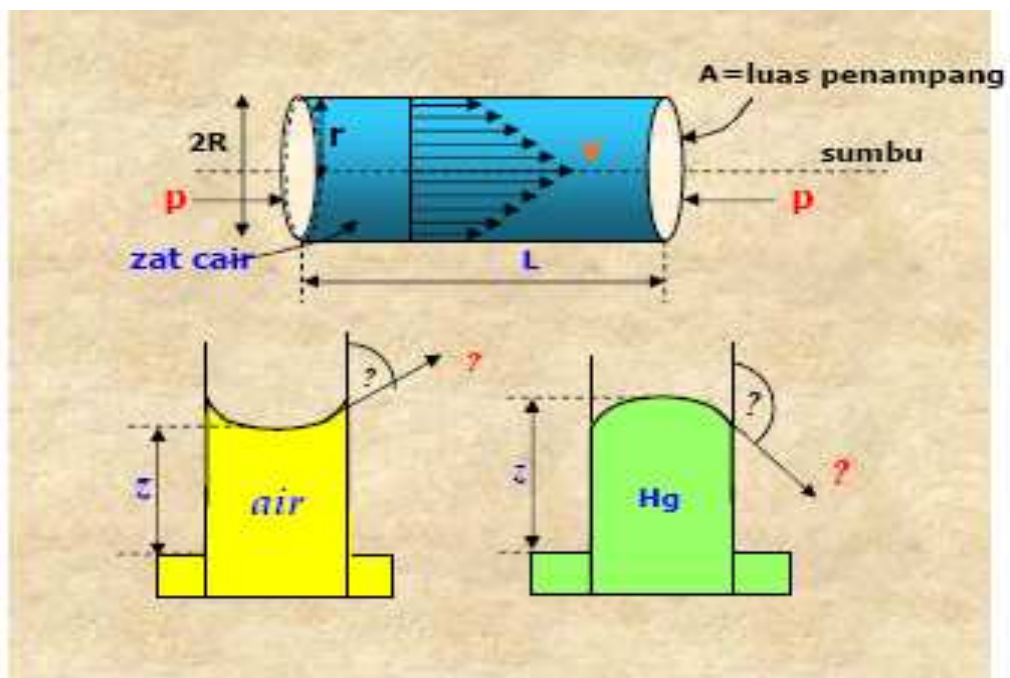


Kode FIS.09

FLUIDA

SMK TEKNOLOGI DAN INDUSTRI



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
PUSAT PENGEMBANGAN PENINGKATAN PENDIDIKAN DAN TENAGA
KEPENDIDIKAN BIDANG MESIN DAN TEKNIK INDUSTRI
(P4TK BMTI)

2007

FLUIDA

SMK TEKNOLOGI DAN INDUSTRI

Penyusun :

Deker Raharjo, S.Pd
Jacob Dos Santos, S.Pd
Malik, S.Pd

Editor :

Deker Raharjo, S.Pd
Jacob Dos Santos, S.Pd
Malik, S.Pd

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
PUSAT PENGEMBANGAN PENINGKATAN PENDIDIKAN DAN TENAGA
KEPENDIDIKAN BIDANG MESIN DAN TEKNIK INDUSTRI
(P4TK BMTI)
2007**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual untuk SMK Bidang Adaptif, yakni mata-pelajaran Fisika. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari Kurikulum SMK Edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (CBT: Competency Based Training).

Sumber dan bahan ajar pokok Kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta diklat untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun oleh peserta Diklat Fisika Lanjut Tahun 2006 di PPPG Teknologi Bandung. Harapannya, modul yang telah disusun ini merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan sains dan teknologi di industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan, berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini kami sampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada Pembimbing (Drs. Wiyoto, MT) dan peserta Diklat Fisika Lanjut Tahun 2006 di PPPG Teknologi Bandung, atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran dalam menyiapkan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pengguna sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Kami juga berharap agar modul ini turut membantu meningkatkan mutu pembelajaran di SMK, khususnya mata diklat Fisika .

Cimahi, 01 Mei 2007
Kepala PPPG Teknologi Bandung

Drs. Achmad Dasuki, MM, M.Pd
NIP. 130 540 205

DAFTAR ISI

	hal.
➤ Halaman Sampul	i
➤ Halaman Francis	ii
➤ Kata Pengantar	iii
➤ Daftar Isi	iv
➤ Peta Kedudukan Modul	vi
➤ Daftar Judul Modul	xii
➤ Glosary	xiii

I. PENDAHULUAN

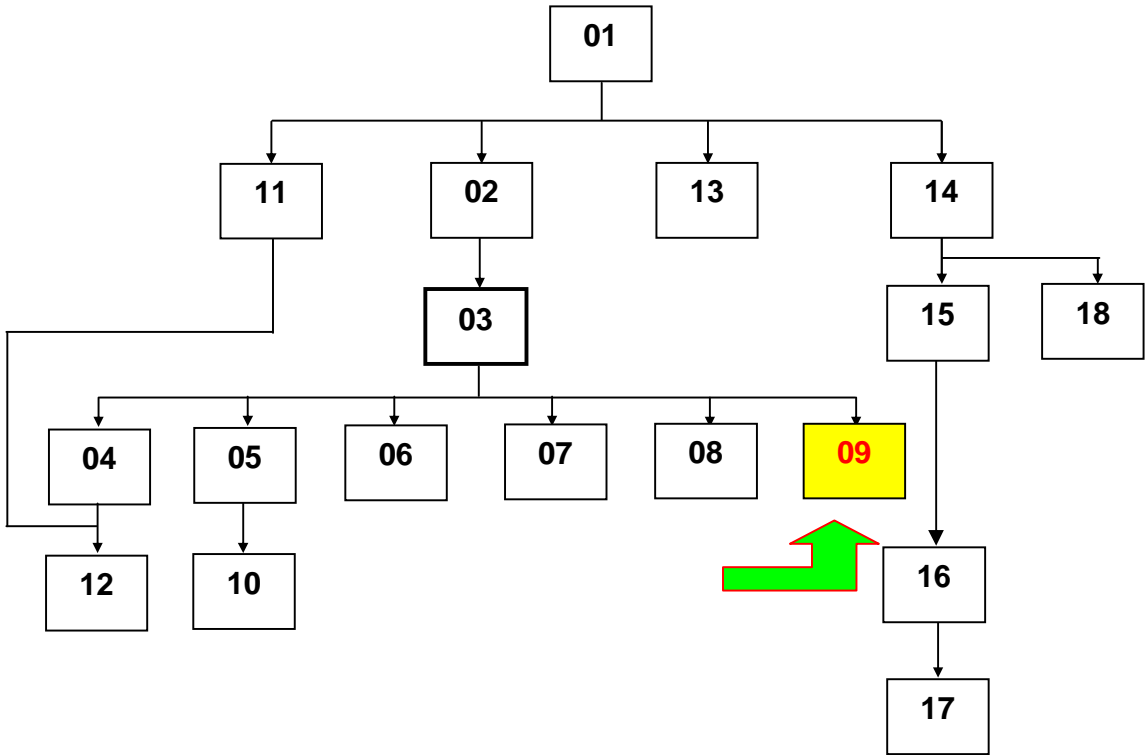
A. Deskripsi.....	9
B. Prasarat	9
C. Petunjuk Penggunaan Modul	9
D. Tujuan Akhir.....	10
E. Kompetensi	11
F. Cek Kemampuan.....	12

II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Siswa.....	6
B. Kegiatan Belajar.....	7
1. Kegiatan Belajar 1 Tekanan Hidrostatik dan Hukum Pascal	11
a. Tujuan Kegiatan Pemelajaran.....	11
b. Uraian Materi 1	11
c. Rangkuman 1	17
d. Tugas 1.....	17
e. Tes Formatif 1.....	18
f. Tindak lanjut	19
g. Kunci jawaban	20
2. Kegiatan Belajar 2 Hukum Archimedes dan Gejala Permukaan	21
a. Tujuan Kegiatan Pemelajaran.....	21
b. Uraian Materi 2.....	21
c. Rangkuman 2.....	26
d. Tugas 2.....	27
e. Tes Formatif 2.....	28

f. Tindak lanjut	29
g Kunci jawaban	30
3. Kegiatan Belajar 3 Debit Aliran dan Hukum Kontinuitas	31
a. Tujuan Kegiatan Pemelajaran.....	31
b. Uraian Materi 3	31
c. Rangkuman 3	35
d. Tugas 3	36
e. Tes Formatif 3	36
f. Tindak lanjut	37
g. Kunci jawaban	38
4. Kegiatan Belajar 4 Azas Bernoulli dan Penerapannya	39
a. Tujuan Kegiatan Pemelajaran.....	39
b. Uraian Materi 4	39
c. Rangkuman 4	45
d. Tugas 4	46
e. Tes Formatif 4	46
f. Tindak lanjut	47
g. Kunci jawaban	48
III. EVALUASI	
A. Tes Tertulis	49
Kriteria Penilaian	
Lembar Penilaian Siswa.....	
IV. PENUTUP.....	48
DAFTAR PUSTAKA	

PETA KEDUDUKAN MODUL



DAFTAR JUDUL MODUL

No.	Kode Modul	Judul Modul
1.	FIS.01	SISTEM SATUAN DAN PENGUKURAN
2.	FIS.02	GERAK LURUS
3.	FIS.03	HUKUM NEWTON
4.	FIS.04	USAHA, ENERGI, DAN DAYA
5.	FIS.05	GERAK MELINGKAR
6.	FIS.06	MOMENTUM DAN TUMBUKAN
7.	FIS.07	SIFAT MEKANIK ZAT
8.	FIS.08	ROTASI DAN KESETIMBANGAN BENDA TEGAR
9.	FIS.09	FLUIDA
10.	FIS.10	GETARAN, GELOMBANG DAN BUNYI
11.	FIS.11	SUHU DAN KALOR
12.	FIS.12	TERMODINAMIKA
13.	FIS.13	OPTIK
14.	FIS.14	KELISTRIKAN
15.	FIS.15	KEMAGNETAN DAN INDUKSI ELEKTROMAGNETIK
16.	FIS.16	ARUS BOLAK BALIK
17.	FIS.17	TRANSFORMATOR
18.	FIS.18	PIRANTI SEMIKONDUKTOR

GLOSSARY

ISTILAH	KETERANGAN
Tekanan	Gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu bidang dibagi dengan luas bidang itu.
Tekanan hidrostatik	Tekanan zat cair yang hanya disebabkan berat zat cair itu sendiri.
Tekanan atmosfer	Nilai tekanan udara di atas permukaan air laut ($P_0 = 1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$)
Tekanan mutlak	Tekanan sesungguhnya, yang besarnya sama dengan tekanan atmosfer ditambah tekanan yang ditunjukkan oleh alat ukur.
Prinsip Pascal	Tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah sama besar
Hukum pokok hidrostatis	Bahwa semua titik yang terletak pada satu bidang datar di dalam satu jenis zat cair memiliki tekanan yang sama besar.
Gaya apung	Gaya yang arahnya ke atas yang diberikan oleh fluida kepada benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya dalam fluida.
Hukum Archimedes	Gaya apung yang dialami oleh benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair sama dengan berat fluida yang dipindahkan
Mengapung	Benda berada di permukaan zat cair
Melayang	Benda berada di dalam zat cair antara permukaan dan dasar fluida.
Tenggelam	Benda berada di dasar fluida.
Tegangan permukaan	Kecenderungan permukaan zat cair untuk menegang, sehingga permukaannya seperti ditutupi oleh selaput yang elastis.
Sudut kontak	Sudut yang dibentuk oleh lengkungan zat cair dalam pipa kapiler terhadap dinding pipa kapiler
Gaya Kohesi	Gaya tarik-menarik antara partikel-partikel zat yang sejenis
Gaya Adhesi	Gaya tarik-menarik antara partikel-partikel zat yang tidak sejenis

BAB I PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Dalam modul ini anda akan mempelajari konsep dasar Hukum Newton yang didalamnya dibahas prinsip kelembaman, percepatan yang ditimbulkan gaya, gaya aksi dan gaya reaksi, gaya normal, gaya gesek, koefisien gesek, dan penerapan Hukum Newton dalam kehidupan sehari-hari.

B. Prasyarat

Sebagai prasyarat atau bekal dasar agar bisa mempelajari modul ini dengan baik, maka anda diharapkan sudah mempelajari konsep massa, berat (gaya gravitasi), gaya dan resultannya.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti karena dalam skema anda dapat melihat posisi modul yang akan anda pelajari terhadap modul-modul yang lain. Anda juga akan tahu keterkaitan dan kesinambungan antara modul yang satu dengan modul yang lain.
2. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pekerjaan dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan, agar diperoleh hasil yang maksimum.
3. Pahami setiap konsep yang disajikan pada uraian materi yang disajikan pada tiap kegiatan belajar dengan baik, dan ikuti contoh-contoh soal dengan cermat.
4. Jawablah pertanyaan yang disediakan pada setiap kegiatan belajar dengan baik dan benar.
5. Jawablah dengan benar soal tes formatif yang disediakan pada tiap kegiatan belajar.
6. Jika terdapat tugas untuk melakukan kegiatan praktek, maka lakukanlah dengan membaca petunjuk terlebih dahulu, dan bila terdapat kesulitan tanyakan pada instruktur/guru.
7. Catatlah semua kesulitan yang anda alami dalam mempelajari modul ini, dan tanyakan kepada instruktur/guru pada saat kegiatan tatap muka. Bila perlu bacalah referensi lain yang dapat membantu anda dalam penguasaan materi yang disajikan dalam modul ini.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini diharapkan anda dapat :

Memahami konsep Kelembaman.

- Memahami konsep percepatan yang ditimbulkan gaya.
- Memahami konsep gaya aksi dan gaya reaksi.
- Memahami gaya Normal.
- Memahami konsep gaya gesek.
- Memahami konsep koefisien gesek.
- Memahami konsep penerapan Hukum Newton dalam kehidupan sehari-hari.
- Memahami kerugian dan keuntungan gaya gesek dalam kehidupan sehari-hari.
- Mengerjakan soal-soal yang berkaitan dengan konsep pada poin-poin di atas.

E. Kompetensi

Kompetensi : MEMAHAMI KONSEP DAN PENERAPAN FLUIDA STATIS
 Program Keahlian : Program Adaptif
 Mata Diklat-Kode : FISIKA-FIS.04
 Durasi Pembelajaran : 18 jam @ 45 menit

SUB KOMPETENSI	KRITERIA UNJUK KINERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMBELAJARAN		
			Sikap	PENGETAHUAN	KETRAMPILAN
Memahami konsep dan penerapan dari fluida statis	Mengidentifikasi : <ul style="list-style-type: none"> - Tekanan - Gaya Archimedes - Hukum Paskal - Tegangan Permukaan Cairan - Proses absorpsi dan absorpsi - Kapilaritas - Peristiwa Difusi dan osmosis - Viskositas 	<ul style="list-style-type: none"> - Tekanan - Gaya Archimedes - Hukum Paskal - Tegangan Permukaan Cairan - Proses absorpsi dan absorpsi - Kapilaritas - Peristiwa Difusi dan osmosis - Viskositas 	<ul style="list-style-type: none"> - Teliti - Cermat - Kritis - Bertanggung jawab 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengertian fluida - Tekanan hidrostatik - Hukum Archimedes, paskal - Pengertian tegangan permukaan fluida - Pengertian absorpsi dan absorpsi - Pengertian kapilaritas - Pengertian difusi dan osmosis - Perhitungan debit dan energi potensial fluida 	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Praktek viskositas fluida ✍ Praktek tegangan permukaan ✍ Praktek Hukum Archimedes ✍ Praktek absorpsi dan adsorpsi

F. Cek Kemampuan

Kerjakanlah soal-soal berikut ini, jika anda dapat mengerjakan sebagian atau semua soal berikut ini, maka anda dapat meminta langsung kepada instruktur atau guru untuk mengerjakan soal-soal evaluasi untuk materi yang telah anda kuasai pada BAB III.

1. Apakah gaya ke atas pada benda yang dicelupkan di dalam zat air bergantung pada berat benda itu, jelaskan?
2. Mengapa besi pejal tenggelam, tetapi besi berongga yang beratnya sama dapat mengapung?
3. Mengapa anda lebih mudah mengapung di permukaan air laut dari pada di permukaan air sungai?
4. Massa sesungguhnya dari sebuah benda adalah 400 gram. Jika ditimbang dalam air massanya seakan-akan menjadi 325 gram. Dan jika ditimbang pada cairan lain massanya seolah-olah menjadi 225 gram. Jika rapat jenis air adalah 1 gr/cc, maka rapat jenis cairan tersebut adalah?
5. Seseorang akan menjual sebungkah emas dengan harga murah. Ketika ditimbang massa emas itu sama dengan 12,8 kg. Karena ragu-ragu calon pembeli menimbang di dalam air, dan mendapatkan bahwa massa bongkahan emas tersebut sama dengan 11,5 kg. Pembeli berkesimpulan bahwa bongkahan emas tersebut bukan emas murni. Bagaimana anda menjelaskan peristiwa tersebut. Catatan: massa jenis emas murni = 19.300 kg/m^3 .
6. Tinjau sebuah pipa hidrolis yang mempunyai perbandingan diameter penghisap 1 : 50. jika pada penghisap besar dimuati sebuah mobil dengan berat 35.000 N, agar setimbang maka pada penghisap kecil harus diberi gaya sebesar?
7. Sebuah logam berbentuk bola bergerak vertikal ke bawah dengan kelajuan tetap 0,8 cm/s di dalam suatu fluida yang mempunyai massa jenis 4 g/cm^3 . jika jari-jari bola 0,3 cm dan massa jenis 9 g/cm^3 dan percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 . tentukan koefisien viskositas fluida tersebut?
8. Seorang siswa memasukkan pipa kapiler yang jari-jarinya 1 mm ke dalam cairan yang massa jenisnya $0,8 \text{ gram/cm}^2$. ternyata sudut kontakanya 60° dan cairan naik setinggi 40 mm dari permukaan cairan di luar kapiler. Berapa tegangan permukaan zat cair tersebut?
9. Barapakah kenaikan alkohol dalam sebuah pipa kapiler yang berdiameter 0,05 mm jika tegangan permukaan sebesar 0,25 N/m dan massa jenis alkohol $0,8 \text{ gram/cm}^3$. asumsikan bahwa sudut kontakanya sama dengan nol.
10. Jika 90 gram glukosa dilarutkan dalam air, hingga 2 L (M_r glukosa = 180), dan suhu larutan 27°C . Tentukanlah tekanan osmotik larutan tersebut.

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 1

Tekanan Hidrostatik dan Hukum Pascal

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

- ✍ Menjelaskan konsep fluida,
- ✍ Menggunakan rumus persamaan tekanan,
- ✍ Menjelaskan pengertian tekanan hidrostatik,
- ✍ Menggunakan rumus tekanan hidrostatik,
- ✍ Menjelaskan konsep hukum Pascal,
- ✍ Menggunakan hukum Pascal,
- ✍ Menerapkan konsep fluida, tekanan hidrostatik dan hukum Pascal dalam kehidupan sehari-hari.

b. Uraian Materi

1. Konsep Fluida

Pada waktu di sekolah tingkat pertama, telah dikenalkan ada tiga jenis wujud zat, yaitu: zat padat, zat cair dan gas. **Fluida** adalah zat yang dapat mengalir dan memberikan sedikit hambatan terhadap perubahan bentuk ketika ditekan. Fluida secara umum dibagi menjadi dua macam, yaitu fluida tak bergerak (hidrostatik) dan fluida bergerak (hidrodinamis).

Fluida adalah zat yang dapat mengalir dan memberikan sedikit hambatan terhadap perubahan bentuk ketika ditekan

Pengertian tekanan

Tekanan didefinisikan sebagai gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu bidang dibagi dengan luas bidang itu. Dan secara matematis tekanan dirumuskan sebagai berikut:

Tekanan = $\frac{\text{gaya}}{\text{Luas bidang}}$ atau

$$p = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (1.1)$$

Keterangan :

P = tekanan (N/m²)

F = gaya (N)

A = luas bidang tekan (m²)

Satuan dan dimensi tekanan

Satuan gaya dalam SI adalah N, dan luas bidang adalah m^2 , sehingga sesuai dengan persamaan (1.1), maka satuan tekanan adalah N/m^2 atau pascal (Pa), sedangkan dimensinya = $M.L^{-1}.T^{-2}$

Catatan : $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/m^2$

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg}$$

$$1 \text{ mb} = 0,001 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 1,013.10^5 \text{ Pa} = 1,013 \text{ bar}$$

Contoh soal :

1. Sebuah gaya sebesar 0,2 kN bekerja pada suatu bidang yang luasnya 500 cm^2 . Berapa tekanannya ?

Penyelesaian :

Diket : $F = 0,2 \text{ kN} = 200 \text{ N}$
 $A = 500 \text{ cm}^2 = 5.10^{-2} \text{ m}^2$

Ditanya $P = \dots ?$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{200}{5.10^{-2}}$$
$$= 4000 \text{ Pa}$$
$$= 4 \text{ kPa}$$

2. Sebuah peti berukuran 2 m x 3 m x 4 m yang massa jenis bahannya $3000 \text{ kg}/m^3$. Jika $g = 10 \text{ m}/s^2$, hitung :

a. Berat peti

b. Tekanan maksimum peti pada tanah

Penyelesaian :

Diket : $p = 3 \text{ m}$ $l = 2 \text{ m}$ $t = 4 \text{ m}$
 $V = 3 \times 2 \times 4 = 24 \text{ m}^3$
 $\rho = 3000 \text{ kg}/m^3$

ditanya a. $W = \dots ?$

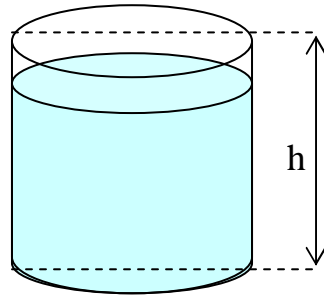
b. $P \text{ maks} = \dots ?$

Jawab : a. $W = m \times g = \rho \times g \times V$
 $= 3000 \times 10 \times 24$
 $= 7,2.10^5 \text{ N}$

b. Tekanan maksimum peti pada tanah (ambil luas peti yang lebih kecil, $A = 2 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$)

$$P = \frac{w}{A} = \frac{7,2.10^5}{6} = 12.10^4 \text{ Pa}$$

2. Tekanan hidrostatis



Gb. 1 tekanan hidrostatis

Tekanan hidrosatis adalah tekanan yang disebabkan zat cair yang diam. Besarnya tekanan hidrostatis dipengaruhi oleh berat zat cair, sehingga persamaan tekanan hidrostatis di dasar bak :

$$P_h = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{A} \quad (\text{karena } V = A \times h)$$

$$\boxed{P_h = \rho \cdot g \cdot h} \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

Keterangan :

- P_h = tekanan hidrostatis (Pa)
- ρ = massa jenis zat cair (kg/m^3)
- h = kedalaman zat cair (m)
- g = percepatan grafitasi (m/s^2)

Jika tekanan udara luar atau tekanan atmosfer ikut diperhitungkan maka besarnya tekanan pada suatu titik A yang kedalamannya h dalam zat cair adalah :

$$P_A = P_h + P_o$$

$$\boxed{P_A = \rho \cdot g \cdot h + P_o} \quad \dots\dots\dots (1.3)$$

Keterangan :

- P_A = tekanan di titik A (Pa)
- P_h = tekanan hidrostatis (Pa)
- P_o = tekanan udara luar (Pa)

Contoh soal :

1. Seekor ikan berada di kolam yang berisi air kedalamannya 150 cm, jika massajenis air = 1 gr/cm^3 dan $g = 10 \text{ m/s}^2$ dan tekanan yang ditunjukkan barometer = 1 atm.

- Tentukan : a. Tekanan hidrostatis yang dialami ikan tersebut ?
- b. Tekanan total pada ikan

Penyelesaian :

- Diket : $h = 150 \text{ cm} = 1,5 \text{ m}$
- $\rho = 1 \text{ gr/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$
- $P_o = 1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Ditanya a. $P_h = \dots\dots\dots ?$

b. $P_A = \dots\dots\dots ?$

Jawab :

a. $P_h = \rho \times g \times h$
 $= 1000 \times 10 \times 1,5 = 15.000 \text{ Pa}$

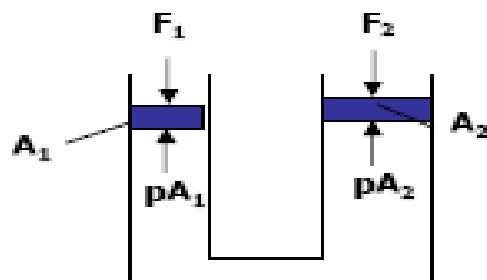
b. $P_A = P_h + P_o$
 $= 15.000 + 1,013 \cdot 10^5$
 $= 0,15 \cdot 10^5 + 1,013 \cdot 10^5$
 $= 1,163 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

3. Hukum Pascal

Prinsip kerja dongkrak hidrolik

Tekanan yang diberikan kepada zat cair dalam ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah, ini adalah prinsip Pascal. Sebagai contoh sederhana aplikasi dari hukum Pascal adalah dongkrak hidrolik.

Dari gambar 1.2 disamping dengan menggunakan prinsip hukum Pascal, maka tekanan yang diberikan penampang 1 sama dengan tekanan pada penampang 2.



Gb.2 Prinsip dongkrak hidrolik

$$P_1 = P_2$$

$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ (1.4a)
-------------------------------------	--------------

atau

$\frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2$(1.4b)
--	-------------

Keterangan :

P_1 = tekanan pada penampang 1 (Pa)

P_2 = tekanan pada penampang 2 (Pa)

F_1 = gaya yang bekerja pada penampang 1 (N)

F_2 = gaya yang bekerja pada penampang 2 (N)

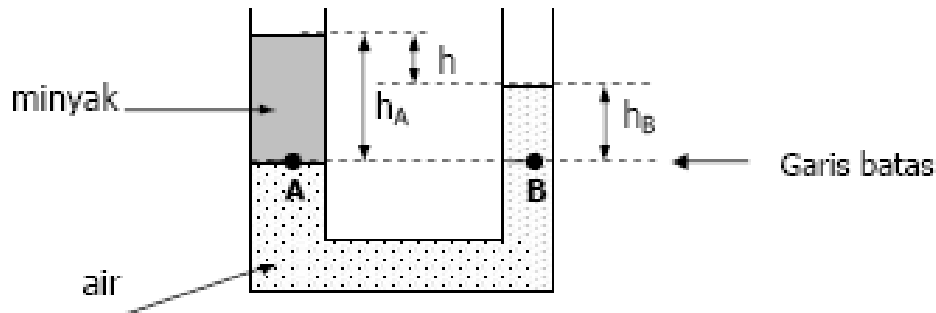
d_1 = diameter penampang 1 (m)

d_2 = diameter penampang 2 (m)

Penerapan dalam kehidupan sehari-hari, yang menggunakan prinsip hukum Pascal adalah: dongkrak hidrolik, pompa hidrolik ban sepeda, mesin hidrolik pengangkat mobil, mesin pengepres hidrolik, dan rim piringan hidrolik.

Hukum Pascal dan tekanan hidrostatik pada bejana berhubungan

Untuk semua titik yang terletak pada kedalaman yang sama maka tekanan hidrostatikanya sama. Oleh karena permukaan zat cair terletak pada bidang datar, maka titik-titik yang memiliki tekanan yang sama terletak pada suatu bidang datar. Jadi semua titik yang terletak pada bidang datar didalam satu jenis zat cair memiliki tekanan yang sama, ini dikenal dengan hukum pokok hidrostatika.



Gb.3 Bejana berhubungan

Dengan mengingat hukum Pascal dan tekanan hidrostatik, akan didapatkan hubungan ketinggian h_A dan h_B sebagai berikut :

$$P_A = P_B \quad \text{(menurut hukum Pascal)}$$

$$P_0 + \rho_A \cdot g \cdot h_A = P_0 + \rho_B \cdot g \cdot h_B \quad \text{(tekanan hidrostatik)}$$

$\rho_A \cdot h_A = \rho_B \cdot h_B$ (1.5)
---------------------------------------	-------------

- Keterangan :**
- h_A = ketinggian minyak (m)
 - h_B = ketinggian air (m)
 - ρ_A = massa jenis minyak (kg/m^3)
 - ρ_B = massa jenis air (kg/m^3)

Contoh Soal: Konsep Hukum Pascal

1. Sebuah pompa hidrolik memiliki penghisap kecil yang diameternya 10 cm dan penghisap besar diameternya 25 cm. Jika penghisap kecil ditekan dengan gaya F , maka pada penghisap besar dihasilkan gaya 1600 N. Hitung besar gaya (F) pada penghisap kecil.

Penyelesaian:

Diketahui: $d_1 = 10 \text{ cm}$
 $d_2 = 25 \text{ cm}$
 $F_2 = 1.600 \text{ N}$

Ditanya : $F_1 = \dots\dots\dots ?$

Jawab :

Gaya pada penghisap kecil adalah:

$$F_1 = \left[\frac{d_1}{d_2} \right]^2 \cdot F_2$$
$$F_1 = \left[\frac{10}{25} \right]^2 \cdot 1600 = 256 \text{ N}$$

2. Sebuah bejana U berisi fluida. Seperti pada gambar dibawah. Bila penghisap A mempunyai luas 6 cm^2 , jika pada penghisap A diberi beban 250 N dan beban pada penghisap B = 700 N. Berapa luas penghisap B ?

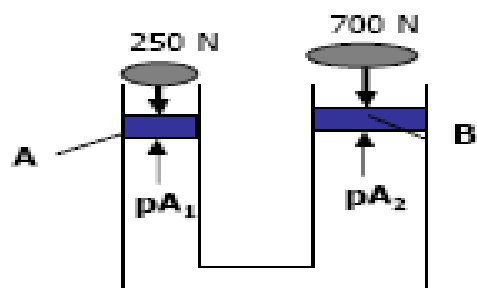
Peyelelesaian:

Diketahui: $A_1 = 6 \text{ cm}^2$
 $F_1 = 250 \text{ N}$
 $F_2 = 700 \text{ N}$

Ditanya $A_2 = \dots\dots\dots ?$

Jawab :

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$
$$\frac{250}{700} = \frac{6}{A_2}$$
$$A_2 = \frac{700 \times 6}{250} = 16,8 \text{ cm}^2$$



c. Rangkuman

1. Tekanan didefinisikan sebagai gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu bidang dibagi dengan luas bidang itu. Dan secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Tekanan} = \frac{\text{gaya}}{\text{Luas bidang}}$$

$$p = \frac{F}{A}$$

2. Tekanan hidrostatis adalah tekanan zat cair yang hanya disebabkan oleh berat zat cair tersebut.

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$

Tekanan mutlak suatu titik pada kedalaman h dari permukaan suatu zat cair adalah: $P = P_o + \rho g h$

3. Hukum pokok hidrostatis, menyatakan bahwa semua titik yang terletak pada suatu bidang datar didalam satu jenis zat cair memiliki tekanan yang sama.
4. Prinsip hukum Pascal: tekanan yang diberikan kepada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah. Dan untuk dua penghisap yang kedudukannya sama berlaku:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{atau}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

5. Hukum Pascal dan tekanan hidrostatis pada bejana berhubungan

$$\rho_A \cdot h_A = \rho_B \cdot h_B$$

d. Tugas 1

1. Apa yang dimaksud dengan tekanan ? Sebutkan apa saja satuan dari tekanan !
2. Jelaskan konsep dasar dari hidrostatis. Apa yang anda ketahui tentang tekanan hidrostatis dan tekanan mutlak di suatu titik ?

3. Hitunglah tekanan pada kedalaman 5 m dalam sebuah danau, jika tekanan atmosfer udara dipermukaan danau 10^5 pa : (a) diperhitungkan, dan (b) diabaikan. (Massa jenis air = 1000 kg/m^3).
4. Jelaskan prinsip dari hukum Pascal. Tuliskan persamaan yang mendukungnya !
5. Sebuah pompa hidrolik memiliki penghisap kecil yang diameternya 10 cm dan penghisap besar diameternya 30 cm. Jika penghisap yang kecil ditekan dengan gaya F, maka penghisap besar menghasilkan gaya 1.350 N. Hitunglah besar gaya F !

e. Tes formatif 1

1. Sebuah plat besi berukuran 40 cm x 50 cm diberi gaya sebesar 0,4 kN. Tentukan besarnya tekanan yang dialami plat tersebut !
2. Sebuah bidang luas permukaannya 800 cm^2 diberi gaya F sehingga mengalami tekanan sebesar 700 Pa. Berapa besar gaya tersebut ?
3. Sebuah tabung logam massanya 80 kg panjangnya 2 m dan luas penampang 25 cm^2 , berdiri tegak diatas lantai. Berapa tekanan yang diberikan tabung pada lantai ?
4. Kapal selam berada pada kedalaman 50 m di bawah permukaan laut. Bila massa jenis air laut $1,03 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, dan tekanan udara diatas permukaan laut 10^5 Pa. Berapa tekanan hidrostatis yang dialami kapal selam tersebut !
5. Sebuah dongkrak hidrolik dengan perbandingan luas penampang torak 2 : 8 jika sebuah mobil beratnya 20 kN akan diangkat oleh dongkrak tersebut, berapa gaya penekan minimal yang harus diberikan pada penampang A1 ?
6. Sebuah pesawat hidrolik memiliki diameter penghisap kecil $d_1 = 5 \text{ cm}$. Jika penghisap kecil diberi gaya 200 N dan gaya yang timbul pada penghisap besar = 3.200 N. Tentukan diameter pada penghisap besar ?
7. Sebuah pipa berbentuk U diisi air dan minyak, tinggi minyak = 5 cm dan tinggi air yang diukur dari batas antara air dan minyak = 4 cm, bila massa jenis air 1000 kg/m^3 . Tentukan massa jenis minyak tersebut !
8. Sebuah pipa berbentuk U diisi air dan zat cair yang massa jenisnya 600 kg/m^3 , jika tinggi zat cair = h cm dan tinggi air yang diukur dari batas antara air dan zat cair = 3 cm, dan massa jenis air 1000 kg/m^3 . Tentukan ketinggian zat cair tersebut !

f. Tindak Lanjut 1

- * Anda yang memperoleh skor $> 7,0$ maka anda boleh melanjutkan kegiatan belajar 2.
- * Anda yang memperoleh skor $6,0 - 7,0$ maka anda dipersilahkan mengulang test formatif 1.
- * Anda yang memperoleh skor $< 6,0$ maka anda dipersilahkan mengulang kegiatan belajar 1.

g. Kunci Jawaban

• **Kunci Jawaban Tugas 1**

1. Tekanan adalah gaya yang bekerja tegak lurus (F) pada suatu bidang permukaan persatuan luas bidang itu (A).
Satuan Tekanan : N/m², pascal, dyne/cm², atmosfer (atm), cmHg, barometer (bar).
2. Tekanan hidrostatis adalah tekanan yang disebabkan oleh zat cair yang tidak bergerak. Persamaannya : $P_h = \rho \cdot g \cdot h$
Tekanan mutlak disuatu titik adalah jumlah antara tekanan hidrostatis di titik tersebut dengan tekanan udara luar (tekanan barometer). Persamaannya : $P_A = P_o + \rho \cdot g \cdot h$
3. a. $P_A = 1,5 \cdot 10^5$ pa
b. $P_h = 5 \cdot 10^4$ pa
4. Tekanan yang diadukan dari laur zat cair di dalam ruang tertutup diteruskan oleh zat cair itu segala arah dengan sama besar atau sama rata.

$$P_1 = P_2 \quad \text{atau}$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

5. $F_1 = F = 150$ N

• **Kunci Jawaban Test Formarif 1**

1. $p = 2000$ Pa
2. $F = 56$ N
3. $p = 3,2 \cdot 10^5$ Pa
4. $P_h = 6,15 \cdot 10^5$ Pa
5. $F_1 = 5$ kN
6. $d_2 = 20$ cm
7. $\rho_m = 800$ kg/m³
8. $h_{\text{zat cair}} = 5$ cm

2. Kegiatan Belajar 2

Hukum Archimedes dan Gejala Permukaan

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

- ✍ Menjelaskan konsep hukum Archimedes,
- ✍ Menggunakan rumus gaya apung (gaya archimedes),
- ✍ Menjelaskan pengertian gejala permukaan dan contohnya,
- ✍ Menjelaskan konsep kapilaritas
- ✍ Menggunakan rumus kapilaritas
- ✍ Menerapkan hukum Archimedes, gaya apung, gejala permukaan dan kapilaritas dalam kehidupan sehari-hari.

b. Uraian materi

1. Hukum Archimedes

Gaya Archimedes (gaya apung) adalah gaya yang diberikan fluida (dalam hal ini fluidanya adalah air) terhadap benda (yang tercelup sebagian atau seluruhnya dalam fluida) dengan arah keatas. Gaya archimedes (gaya apung) F_A adalah selisih antara berat benda ketika diudara(W_{bu}) dengan berat benda ketika tercelup sebagian atau seluruhnya dalam fluida (W_{bf}).

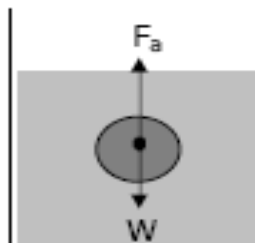
$$F_A = W_{bu} - W_{bf} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

F_A = gaya Archimedes (N)

W_{bu} = berat benda di udara (N)

W_{bf} = berat benda dalam fluida (N)



Gaya archimedes (gaya apung) yang bekerja pada suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam suatu fluida sama dengan *berat fluida yang dipindahkan* oleh benda tersebut sehingga persamaan (1.6) dapat juga dituliskan :

Gb.4 Gaya Archimedes

$$F_A = W_f$$

$$F_A = m_f \cdot g$$

$$F_A = \rho_f \cdot g \cdot V_{bf} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

m_f = massa fluida (kg)

ρ_f = massa jenis zat cair (kg/m^3)

V_{bf} = Volume benda yang tercelup dalam fluida (m^3)

Catatan:

- * Hukum Archimides berlaku untuk semua fluida (zat cair dan gas)
- * V_{bf} adalah volume benda yang tercelup dalam fluida, jika benda tercelup seluruhnya, maka $V_{bf} =$ volume benda, dan jika benda tercelup sebagian maka $V_{bf} =$ volume benda yang tercelup dalam fluida saja, untuk kasus ini $V_{bf} <$ volume benda.

Hubungan massa jenis benda dengan massa jenis fluida

Untuk benda yang tercelup seluruhnya dalam fluida, maka dapat dirumuskan hubungan massa jenis antara benda (ρ_b) dengan fluida (ρ_f), sebagai berikut:

$$\frac{\rho_b}{\rho_f} = \frac{W_{bu}}{F_A} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\frac{\rho_b}{\rho_f} = \frac{V_{bf}}{V_b} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

W_{bu} = berat benda di udara (N)

V_b = volume benda seluruhnya (m^3)

V_{bf} = volume benda yang tercelup dalam fluida (m^3)

ρ_b = massa jenis benda (kg/m^3)

ρ_f = massa jenis fluida (kg/m^3)

Mengapung, Melayang, dan Tenggelam

1. Mengapung

Jika benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya kedalam fluida (air), dan benda dalam keadaan bebas akan naik ke atas, sehingga benda muncul sebagian ke permukaan air, karena berat benda yang terceup dalam fluida lebih kecil dari gaya apung ($W_{bf} < F_A$). Ini adalah *konsep mengapung*.

Jadi syarat pada peristiwa benda mengapung adalah:

- * berat benda yang terceup dalam fluida lebih kecil dari gaya apung ($W_{bf} < F_A$)
- * Dan atau massa jenis benda lebih kecil dari pada massa jenis fluida. ($\rho_b < \rho_f$).

2. Melayang

Jika benda yang dicelupkan seluruhnya kedalam fluida (air), maka gaya apung (tekanan keatas, F_a) sama dengan berat benda yang tercelup dalam fluida W_{bf} ($F_a = W_{bf}$). Sehingga benda melayang dalam fluida. Ini adalah konsep melayang.

Jadi syarat pada peristiwa benda melayang adalah:

- * berat benda yang terceup dalam fluida lebih sama dengan dari gaya apung. ($W_{bf} = F_A$)
- * Dan massa jenis benda sama dengan massa jenis fluida. ($\rho_b = \rho_f$)

3. Tenggelam

Jika benda yang dicelupkan seluruhnya kedalam fluida (air), maka gaya apung (tekanan keatas, F_a) lebih kecil dari berat benda W ($F_a < W$). Sehingga benda bergerak kebawah menuju dasar wadah air. Ini adalah konsep tenggelam.

Jadi syarat pada peristiwa benda melayang adalah:

- * berat benda yang terceup dalam fluida lebih besar dari gaya apung ($W_{bf} > F_A$)
- * Dan massa jenis rata-rata benda lebih besar massa jenis fluida. ($\rho_b > \rho_f$)

Contoh Soal:

1. Tinjau sebuah balok berbentuk kubus dengan sisi 0,1 m digantung vertikal dengan tali yang ringan (massanya dapat diabaikan), tentukan gaya apung yang dialami oleh balok tersebut, jika:

a. Dicelupkan setengah bagian dalam air ($\rho_a = 1.000 \text{ kg/m}^3$)

b. Dicelupkan seluruhnya kedalam minyak ($\rho_m = 800 \text{ kg/m}^3$)

Penyelesaian:

Diketahui: $\rho_a = 1.000 \text{ kg/m}^3$

$\rho_m = 800 \text{ kg/m}^3$

$V_{bf} = 0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}^3$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Ditanya $F_A = \dots\dots\dots ?$

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{a. } F_A &= \rho_a \cdot g \cdot \frac{V_{bf}}{2} \\ &= 1000 \times 9,8 \times \frac{0,001}{2} \\ &= 4,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } F_A &= \rho_m \cdot g \cdot V_{bf} \\ &= 800 \times 9,8 \times 0,001 \\ &= 7,84 \text{ N} \end{aligned}$$

2. Tinjau sebuah benda, sebelum dimasukkan ke dalam fluida benda ditimbang dengan neraca pegas dan diperoleh berat benda 60,5 N. Tetapi ketika benda dimasukan kedalam air ($\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3$) neraca pegas menunjukkan angka 56,4 N. Tentukan gaya keatas (gaya archimedes) dan volume benda jika tercelup seluruhnya !

Penyelesaian:

Diketahui:

$$\begin{aligned} \rho_a &= 1.000 \text{ kg/m}^3 \\ W_{bu} &= 60,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$W_{bf} = 56,4 \text{ N}$$

Ditanya : F_A dan $V_b = \dots\dots\dots ?$

Jawab :

Untuk menentukan massa jenis benda gunakan persamaan (1.6)

$$\begin{aligned} F_A &= W_{bu} - W_{bf} \\ &= 60,5 - 56,4 \\ &= 4,1 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_A &= \rho_f \cdot g \cdot V_{bf} \\ 4,1 &= 1000 \times 10 V_{bf} \\ V_{bf} &= 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 0,41 \text{ liter} \end{aligned}$$

3. Sebuah balok kayu berukuran 200 cm x 50 cm x 40 cm terapung di suatu zat cair yang massa jenisnya $0,85 \text{ gr/cm}^3$, jika yang tampak di atas permukaan zat cair 25 % dan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Berapa gaya keatas ang dialami balok kayu tersebut ?

Penyelesaian :

$$\text{Diketahui : } V_b = 2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} = 0,4 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{bf} &= 75\% \times V_b \\ &= 0,75 \times 0,4 = 0,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\rho_f = 0,85 \text{ gr/cm}^3 = 850 \text{ kg/m}^3$$

Ditanya : $F_A = \dots\dots\dots ?$

Jawab:
$$F_A = \rho_f \cdot g \cdot V_{bf}$$

$$= 850 \times 10 \times 0,3$$

$$= 2550 \text{ N}$$

6. Gejala Permukaan

Bila kita meletakkan silet diatas permukaan air dengan hati-hati ternyata silet tidak tengelam, walaupun kita tahu bahwa massa jenis silet lebih besar dari massa jenis air.

Dari peristiwa tersebut dapat kita simpulkan bahwa : pada permukaan zat cair ada tegangan dan tegangan ini disebut tegangan permukaan.

a. Gaya kohesi dan gaya adhesi

Setiap zat terdiri dari partikel – partikel. Antara partikel – partikel terdapat gaya tarik – menarik. Gaya tarik menarik antara partikel – partikel dari zat yang sejenis disebut *gaya kohesi*.

Gaya tarik-menarik antara partikel-partikel zat yang tidak sejenis disebut : *Adhesi*.

b. Kapilaritas

Kapilaritas adalah peristiwa naik turunnya permukaan zat cair dalam pipa kapiler (pipa sempit).

Besarnya kenaikan atau penurunan zat cair pada pipa kapiler dapat ditentukan dengan persamaan :

$$y = \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

y = kenaikan atau penurunan zat cair dalam pipa kapiler (m)

γ = tegangan permukaan (N/m²)

θ = sudut kontak (°)

ρ = massa jenis zat cair (kg/m³)

r = jari-jari pipa kapiler (m)

Contoh soal :

1. Sebuah pipa kapiler dengan jari-jari 0,5 mm. Kemudian pipa ini sebgaiian dimasukan dalam air yang memiliki tegangan permukaan 7,27.10⁻² N/m². Tentukan kenaikan air dalam pipa kapiler jika diketahui sudut kontaknya = 0° !

Penyelesaian :

Diketahui :

$$r = 0,5 \text{ mm} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\gamma = 7,27 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Ditanya : $y = \dots\dots\dots ?$

$$\text{Jawab : } y = \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r}$$

$$Y = \frac{2 \times 7,27 \cdot 10^{-2} \times \cos 0^\circ}{1000 \times 10 \times 5 \cdot 10^{-4}}$$
$$= 2,97 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 2,97 \text{ cm}$$

c. Rangkuman

1. Konsep Archimedes : 'sebuah benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair mengalami gaya keatas yang besarnya sama dengan berat zat yang dipindahkannya.'
2. Gaya archimedes (gaya apung) F_A adalah selisih antara berat benda ketika diudara(W_{bu}) dengan berat benda ketika tercelup sebagian atau seluruhnya dalam fluida (W_{bf}).

Persamaannya : $F_A = W_{bu} - W_{bf}$ atau
 $F_A = \rho_f \cdot g \cdot V_{bf}$

3. Untuk benda yang tercelup seluruhnya dalam fluida, maka dapat dirumuskan hubungan massa jenis antara benda (ρ_b) dengan fluida (ρ_f), sebagai berikut:

$$\frac{\rho_b}{\rho_f} = \frac{W_{bu}}{F_A} \quad \text{atau} \quad \frac{\rho_b}{\rho_f} = \frac{V_{bf}}{V_b}$$

4. Syarat benda mengapung adalah:
 - * berat benda yang tercelup dalam fluida < gaya keatas ($W_{bf} < F_A$).
 - * massa jebis benda < massa jenis fluida ($\rho_b < \rho_f$).
5. Syarat benda melayang adalah:
 - * berat benda yang tercelup dalam fluida = gaya keatas ($W_{bf} = F_A$).
 - * massa jebis benda = massa jenis fluida ($\rho_b = \rho_f$).
6. Syarat benda tenggelam adalah:
 - * berat benda yang tercelup dalam fluida > gaya keatas ($W_{bf} > F_A$).
 - * massa jebis benda > massa jenis fluida ($\rho_b > \rho_f$).

7. Gaya tarik menarik antara partikel – partikel dari zat yang sejenis disebut *gaya kohesi*.

Gaya tarik-menarik antara partikel-partikel zat yang tidak sejenis disebut : *Adhesi*.

8. Kapilaritas adalah peristiwa naik turunnya permukaan zat cair dalam pipa kapiler (pipa sempit).

Persamaannya :
$$y = \frac{2.\gamma.\cos\theta}{\rho.g.r}$$

d. Tugas 2

(1) Jawablah pertanyaan berikut !

1. Jelaskan hukum Archimedes dan tuliskan persamaannya !
2. Jelaskan syarat-syarat benda dikatakan mengapung, melayang dan tenggelam !
3. Jelaskan konsep gejala permukaan, serta beri contohnya !
4. Apa yang dimaksud dengan gaya kohesi dan adhesi !
5. Jelaskan peristiwa kapilaritas ! bagaimana persamaannya ?
6. Sebuah balok kayu volumenya 1 m^3 terapung di atas zat cair yang massa jenisnya $0,8 \text{ cm/gr}^3$. Jika bagian yang tampak di atas permukaan zat cair = 40 % dan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Berapa gaya apung (gaya archimedes) yang dialami balok kayu tersebut ?

(2) Lakukan Praktikum berikut !

Lembar kerja

Prinsip hukum archimides dan hukum dasar hidrostatika

1) Bahan

- ✍ Benda padat: Balok aluminium dan kayu (volume= 8 cm^3);
- ✍ Zat cair: gliserin dan minyak goreng.

2) Alat

- ✍ Neraca timbangan pegas;
- ✍ Stop wach;
- ✍ Penggaris;
- ✍ Tabung gelas.

3) Langkah kerja

1. Tuang zat cair (minyak goreng) dalam tabung gelas.
2. Ukur volume benda padat.
3. Catat massa benda diudara .

4. Hitung massa jenis benda.
 5. Masukkan benda dalam zat cair dalam tabung gelas.
 6. Catat massa benda didalam zat cair.
 7. Tentukan massa jenis zat cair dengan menggunakan persamaan (2.1, 2.2 atau 2.4).
 8. Ulangi langkah (2) sampai dengan (7) dengan benda padat jenis lain.
 9. Ulangi langkah (2) sampai dengan (8) untuk jenis zat cair yang lain (gliserin).
- 4) *Buatlah Kesimpulan dari percobaan kalian*

e. Test formatif 2

1. Sebuah kubus memiliki rusuk 0,1 m dan massa jenisnya $2,7 \text{ gr/cm}^3$ dicelupkan seluruhnya kedalam minyak yang memiliki massa jenis $0,8 \text{ gr/cm}^3$ dan $g = 10 \text{ m/s}^2$.
Tentukan : a. Gaya apung yang dialami benda
b. berat kubus jika ditimbang dalam minyak
2. Sebuah batu memiliki berat 30 N ketika ditimbang diudara, dan 21 N saat benda di dalam air. Berapa massa jenis batu tersebut ?
3. Di dalam suatu bak berisi air (massa jenisnya 1 gr/cm^3) terdapat es yang terapung didalamnya. Jika volume es yang tampak diatas permukaan air 100 cm^3 (massa jenis es = $0,9 \text{ gr/cm}^3$). Berapa volume es seluruhnya ?
4. Sebuah pipa kapiler mempunyai jari-jari 0,6 mm. Pipa ini sebagian dimasukan ke dalam air yang memiliki tegangan permukaan $6,25 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$. Berapa kenaikan air dalam tabung jika sudut kontaknya 10° ?
5. Seseorang akan menjual se bongkah emas dengan harga murah. Ketika ditimbang, massa emas itu sama dengan 12,8 kg. Karena ragu-ragu, calon pembeli menimbang nya didalam air, dan mendapatkan bahwa massa bongkahan emas tersebut sama dengan 11,5 kg. Pembeli berkesimpulan bahwa bongkahan emas tersebut bukan emas murni. Bagaimana anda menjelaskan peristiwa tersebut.
Catatan: $\rho_{\text{emas murni}} = 19.300 \text{ kg/m}^3$.

f. Tindak Lanjut 2

- * Anda yang memperoleh skor $> 7,0$ maka anda boleh melanjutkan kegiatan belajar 3.
- * Anda yang memperoleh skor $6,0 - 7,0$ maka anda dipersilahkan mengulang test formatif 2.
- * Anda yang memperoleh skor $< 6,0$ maka anda dipersilahkan mengulang kegiatan belajar 2.

g. Kunci Jawaban

• **Kunci Jawaban Tugas 2**

1. Hukum Archimedes : ' Sebuah benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkannya.'

$$\text{Persamaannya : } F_A = \rho_f \cdot g \cdot V_{bf} \text{ atau } F_A = W_{bu} - W_{bf}$$

2. **Syarat benda mengapung** adalah:

* berat benda yang tercelup dalam fluida < gaya keatas ($W_{bf} < F_A$).

* massa jebis benda < massa jenis fluida ($\rho_b < \rho_f$).

Syarat benda melayang adalah:

* berat benda yang tercelup dalam fluida = gaya keatas ($W_{bf} = F_A$).

* massa jebis benda = massa jenis fluida ($\rho_b = \rho_f$).

Syarat benda tenggelam adalah:

* berat benda yang tercelup dalam fluida > gaya keatas ($W_{bf} > F_A$).

* massa jebis benda > massa jenis fluida ($\rho_b > \rho_f$).

3. Gejala permukaan adalah peristiwa timbulnya gaya pada permukaan zat cair yang menyebabkan suatu benda dapat terapung, walaupun massa jenis benda lebih besar dari pada massa zat tersebut.

Contohnya : silet yang diletakan secara hati-hati dipermukaan air, ternyata akan terapung, serangga yang hinggap diatas permukaan dan ternyata tidak tenggelam.

4. Gaya tarik menarik antara partikel – partikel dari zat yang sejenis disebut *gaya kohesi*.

Gaya tarik-menarik antara partikel-partikel zat yang tidak sejenis disebut : *Adhesi*.

5. Kapilaritas adalah peristiwa naik turunnya permukaan zat cair dalam

pipa kapiler (pipa sempit). Persamaannya : $y = \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r}$

6. 4704 N

• **Kunci Jawaban Test formatif 2**

1. a. $F_A = 8 \text{ N}$ b. $W_{bf} = 19 \text{ N}$
2. $\rho_b = 3.333 \text{ kg/m}^3$
3. $V^{es} = 1000 \text{ cm}^3$
4. $y = 2,05 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 2,05 \text{ cm}$
5. Bongkahan tersebut bukan emas murni karena massa jenisnya 9.850 kg/m^3 , sedangkan massa jenis emas murni adalah 19.300 kg/m^3 .

3. Kegiatan Belajar 3

Debit Aliran dan Hukum Kontinuitas

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

- * Menjelaskan konsep fluida ideal,
- * Menjelaskan konsep aliran fluida,
- * Menjelaskan persamaan debit aliran,
- * Menggunakan rumus debit aliran
- * Menjelaskan persamaan kontinuitas
- * Menggunakan persamaan kontinuitas
- * Menerapkan konsep fluida, debit aliran dan persamaan kontinuitas dalam kehidupan sehari-hari

b. Uraian Materi

1. Konsep fluida ideal

Dalam modul ini, yang dimaksud dengan fluida secara umum adalah fluida ideal, yaitu fluida yang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

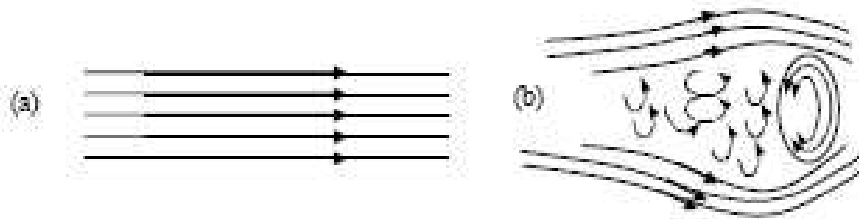
- 1). Massa jenis fluida tidak bergantung pada tekanan (tidak kompresibel). Pada umumnya terutama gas bersifat kompresibel, jika volume gas dipersempit atau tekanan diperbesar, maka massa jenis berubah.
- 2). Aliran fluida tidak turbulen. atau dengan kata lain aliran fluida dianggap laminar (streamline).
- 3). Aliran fluida terjadi secara stasioner, artinya kecepatan pada setiap titik dalam fluida adalah konstan.
- 4). Fluida tidak kental, sehingga semua gesekan yang muncul akibat viskositas fluida diabaikan.

Dengan asumsi, *fluida tidak termampatkan, tidak kental, dan memiliki aliran tunak atau tetap*, inilah kemudian diturunkan semua persamaan yang berkaitan dengan fluida dinamis.

2. Konsep aliran fluida

Setiap partikel dalam fluida dinamis, akan bergerak menurut jenis aliran tertentu. Lintasan yang ditempuh oleh satu partikel dalam fluida yang mengalir dinamakan garis alir (flow line). Ada dua jenis aliran fluida: (a) aliran laminar atau aliran garis arus (streamline), dan (b) aliran turbulen. Pada aliran tunak kecepatan aliran partikel fluida pada setiap titik konstan terhadap waktu, sehingga partikel-partikel fluida yang lewat pada suatu titik akan bergerak dengan kecepatan dan arah yang sama, lintasan yang ditempuh oleh aliran

fluida ini dinamakan garis arus. Nama lain dari garis arus adalah aliran berlapis atau aliran laminar. Pada aliran turbulen ditandai dengan adanya aliran yang berputar, adanya partikel yang bergerak dengan arah yang berlawanan dengan arah laju fluida secara keseluruhan.



Gb.5 (a) aliran laminar

(b) aliran turbulen

3. Konsep debit fluida

Debit fluida didefinisikan sebagai besaran yang menyatakan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang tertentu dalam satuan waktu tertentu. Debit fluida adalah nama lain dari laju aliran fluida, dan secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Debit} = \frac{\text{Volume fluida}}{\text{Selang waktu}}$$

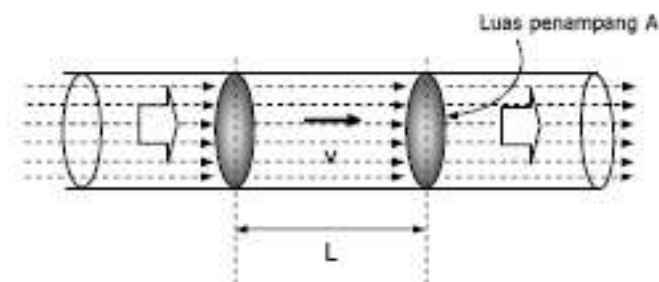
$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (3.1)$$

karena $V = A \cdot s$
 maka : $Q = \frac{A \cdot s}{t}$ atau $Q = A \cdot v \dots\dots\dots (3.2)$

Keterangan :

- Q = debit aliran (m³/s)
- V = volume fluida (m³)
- t = waktu (sekon)
- A = luas penampang (m²)
- s = jarak tempuh fluida (m)
- v = kecepatan fluida (m/s)

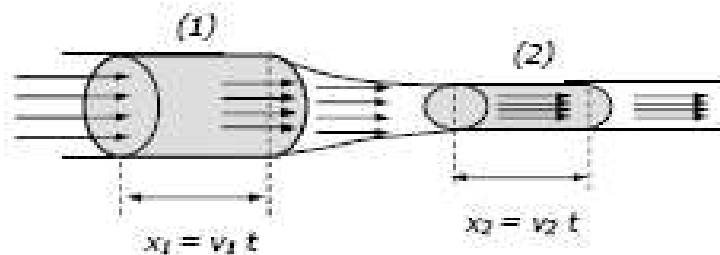
Gambar berikut menunjukkan hubungan antara debit aliran, luas penampang dan kecepatan aliran fluida pada jarak L atau s.



Gb. 6 Debit aliran dan kecepatan aliran fluida

4. Persamaan Kontinuitas

Untuk fluida tidak kompresibel (tidak termampatkan), debit aliran (Q) untuk berbagai ukuran penampang harus tetap (sama), jika tidak berarti terjadi penambahan atau pengurangan banyaknya fluida disuatu tempat. Hal ini tidak akan terjadi untuk fluida yang tidak kompresibel.



Gb. 7 Hukum Kontinuitas aliran

Perhatikan Gambar 7 dibawah ini, jika pada A_1 debit alirannya $Q = A_1 \cdot v_1$, maka pada penampang A_2 debit alirannya juga sebesar $Q = A_2 \cdot v_2$ secara matematis dapat dituliskan :

$$Q \text{ di } A_1 = Q \text{ di } A_2 \quad \text{atau}$$

$$Q_1 = Q_2$$

$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$ (3.3)
---------------------------------	-------------

Persamaan 2.3 disebut *persamaan kontinuitas*. Pada persamaan tersebut menunjukkan bahwa debit aliran fluida selalu tetap walaupun melewati luas penampang yang berbeda. Persamaan tersebut menunjukkan juga bahwa pada penampang besar laju fluidanya kecil, sebaliknya pada penampang kecil laju fluidanya besar. Dengan kata laju fluida berbanding terbalik dengan luas penampang pipa. Misalnya luas penampang $A_1 = \frac{1}{2} A_2$, maka $v_1 = 2v_2$. Peramaan kontinuitas pada persamaan (2.3) dapat dimodifikasi dalam bentuk lain, yaitu :

(1) perbandingan kecepatan fluida dengan luas penampang yang berbeda :

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$ (3.4)
-------------------------------------	-------------

(2) perbandingan kecepatan dengan diameter dan jari-jari pipa

$\frac{v_1}{v_2} = \left[\frac{r_2}{r_1} \right]^2 = \left[\frac{d_2}{d_1} \right]^2$ (3.5)
---	-------------

Keterangan :

r_1 = jari-jari pipa 1 (m)

d_1 = diameter pipa 1 (m)

r_2 = jari-jari pipa 2 (m)

d_2 = diameter pipa 2 (m)

Contoh soal :

1. Sebuah pipa dalam waktu 1 menit mampu mengeluarkan air sebanyak 6 liter. Berapa m^3/s debit alirannya ?

Penyelesaian :

Diketahui : $V = 6 \text{ liter} = 0,006 \text{ m}^3$

$t = 1 \text{ mnt} = 60 \text{ s}$

Ditanya : $Q = \dots\dots\dots m^3/s$

Jawab :

$$Q = \frac{V}{t}$$
$$= \frac{0,006}{60} = 10^{-4} \text{ m}^3/s$$

2. Zat cair mengalir dalam sebuah pipa dengan kecepatan 10 m/s, jika debit aliran pipa = 30 liter/menit. Berapa cm^2 luas penampang pipa tersebut ?

Penyelesaian :

Diketahui : $v = 10 \text{ m/s}$

$Q = 30 \text{ liter/s} = 0,005 \text{ m}^3/s$

Ditanya : $A = \dots\dots\dots ?$

Jawab : $A = \frac{Q}{v}$

$$= \frac{0,005}{10} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 5 \text{ cm}^2$$

3. Sebuah pipa memiliki dua penampang yang berbeda. Pada penampang yang besar luasnya 20 cm^2 mengalir fluida dengan kecepatan 2 m/s.

- Tentukan : a. Laju fluida pada penampang kecil yang luasnya 5 cm^2
b. debit aliran
c. volume fluida dalam waktu 5 menit

Penyelesaian :

Diketahui : $A_1 = 20 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

$A_2 = 5 \text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$V_1 = 2 \text{ m/s}$

$t = 5 \text{ mnt} = 300 \text{ s}$

- Ditanya :
- $V_2 = \dots\dots\dots ?$
 - $Q = \dots\dots\dots ?$
 - $V = \dots\dots\dots ?$

Jawab :

$$a. \frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$\frac{2}{v_2} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-3}} \longrightarrow v_2 = \frac{2 \times 2 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-4}} = 8 \text{ m/s}$$

$$b. Q = A_1 \cdot v_1$$

$$= 2 \cdot 10^{-3} \times 2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$c. V = Q \times t$$

$$= 4 \cdot 10^{-3} \times 300 = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Rangkuman

- Sifat-sifat gas ideal :
 - tidak kompresibel (tidak termampatkan)
 - tidak kental (tidak ada gesekan antara fluida yang mengalir dengan dinding pipa
 - Alirannya stasioner (tetap)
- Debit aliran fluida adalah volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang pipa dalam satuan waktu tertentu.
- Persamaan debit aliran :

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{atau} \quad Q = A \cdot v$$

- Hukum kontinuitas menyatakan bahwa debit aliran yang melawati pipa yang luas penampangnya berbeda adalah selalu konstan atau tetap. Persamaannya : $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$
- Perbandingan kecepatan aliran dengan luas penampang yang berbeda :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

- Perbandingan kecepatan dengan diameter dan jari-jari pipa :

$$\frac{v_1}{v_2} = \left[\frac{r_2}{r_1} \right]^2 = \left[\frac{d_2}{d_1} \right]^2$$

d. Tugas 3

1. Tinjau air terjun setinggi h yang digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Jika setelah dilakukan penelitian diperoleh data bahwa setiap detik air mengalir kebawah sebanyak 10.000 liter. Jika efisiensi generator 55 % dan percepatan gravitasi bumi $g = 10 \text{ m/s}^2$ dan daya rata-rata yang dihasilkan $11 \times 10^5 \text{ W}$, tentukan ketinggian air (h) tersebut !
2. Air yang mengalir keluar dari sebuah pipa dengan kecepatan 5 m/s digunakan untuk mengisi suatu wadah berukuran 40 cm x 50 cm x 160 cm. Jika diketahui luas penampang pipa adalah 0,8 cm², berapa waktu yang dibutuhkan hingga wadah tersebut penuh berisi air ?
3. Tinjau sebuah pipa berbentuk leher botol, jika diameter penampang D1 adalah 5 kali diameter penampang D2 dan kelajuan aliran air dalam penampang kecil adalah 81 m/s, tentukan kelajuan aliran air pada penampang besar !
4. Tinjau sebuah generator 1 kW digerakan dengan kincir tenaga air. Jika generator hanya menerima 90 % dari energi air yang jatuh 10 m dari atas baling-baling kincir. Berapa debit air yang sampai ke kincir ?
5. Tinjau sebuah selang menyembrotkan air vertikal keatas, sehingga air mencapai ketinggian 5 m. Jika luas ujung selang adalah 0,5 cm², tentukan: (a) debit air yang keluar dari selang, (b) volume air yang keluar dari selang selama 0,5 menit !

e. Test Formatif 3

1. Tinggi permukaan air pada tangki adalah 1,44 m, jika tangki mengalami kebocoran pada ketinggian 90 cm dari dasar tangki. Maka berapa jauh air tersebut jatuh dari tangki ?
2. Tinjau sebuah bejana besar berisi air setinggi 20 m. Jika disisi bak dibuat dua lubang yang masing-masing berjarak 3 m dari permukaan dan dasar bejana. Tentukan perbandingan jauh jarak air yang dipancarkan dari lubang-lubang tersebut !
3. Sebuah tangki berisi air diletakkan di tanah. Tinggi permukaan air dari tanah 2,25 m. Pada ketinggian 0,75 m dari tanah terdapat lubang kebocoran, jika percepatan gravitasi bumi $g = 10 \text{ m/s}^2$. Berapakah kecepatan aliran air dari lubang kebocoran tersebut ?

4. Tinjau sebuah akuarium yang diisi air melalui sebuah keran yang debitnya 0,4 liter per sekon. Jika terdapat lubang yang luasnya 0,2 cm² tepat didasar kaca akuarium. Perkirakan berapa tinggi maksimum air yang dapat diisikan pada akuarium ?
5. Tinjau air terjun dengan ketinggian 125 m, debit air 200 m³/s digunakan untuk memutar generator listrik, dan jika hanya 20 % energi air yang diubah menjadi energi listrik maka tentukan daya keluaran dari generator listrik !

f. Tindak lanjut

- * Anda yang memperoleh skor > 6,0 maka anda boleh melanjutkan kegiatan belajar 4.
- * Anda yang memperoleh skor 5,0 - 6,0 maka anda dipersilahkan mengulang test formatif 3.
- * Anda yang memperoleh skor < 5,0 maka anda dipersilahkan mengulang kegiatan belajar 3.

g. Kunci Jawaban

- **Kunci Jawaban Tugas 3**

1. $h = 20 \text{ m}$
2. $t = 800 \text{ s}$
3. $v = 3,25 \text{ m/s}$
4. $Q = 12 \text{ Liter/s}$
5. $Q = 0,1 \text{ Liter/s}$ dan $V = 3 \text{ Liter}$

- **Kunci Jawaban Tes Formatif 3**

1. $x = 20 \text{ m}$
2. $\frac{x_1}{x_2} = \frac{3}{17}$
3. $v = \sqrt{30} \text{ m/s}$
4. $h = 20 \text{ m}$
5. $P = 50 \text{ Watt}$

4. Kegiatan Belajar 4

Azaz Bernoulli dan Penerapannya

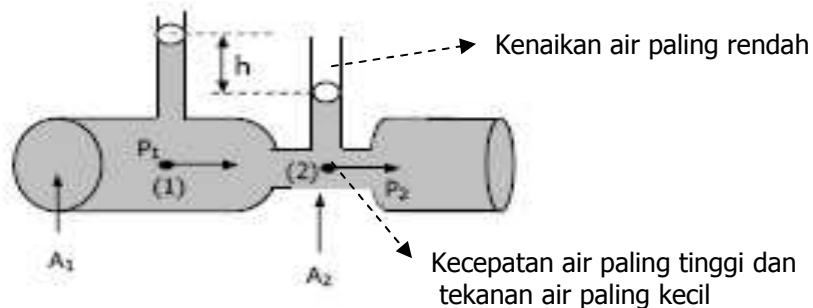
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

- * Menjelaskan konsep azas Bernoulli dan contohnya,
- * Menggunakan persamaan Bernoulli,
- * Menghitung kecepatan fluida pada lubang kebocoran dinding tangki,
- * Menghitung jarak jatuhnya fluida dari dinding tangki,
- * Menghitung debit aliran fluida pada lubang kebocoran dinding tangki,
- * Menerapkan konsep azas Bernoulli dalam kehidupan sehari-hari.

b. Uraian Materi

1. Azas Bernoulli

Bila kita mengalirkan zat cair pada sebuah pipa seperti ditunjukkan pada gambar 8 di bawah ini. Kita akan memperoleh bahwa kecepatan zat cair paling tinggi adalah di titik (2) karena luas penampangnya paling sempit. Akan tetapi kenaikan air pada tabung (2) justru yang paling rendah. Ini berarti bahwa tekanan zat cair di bawah tabung (2) adalah paling kecil.



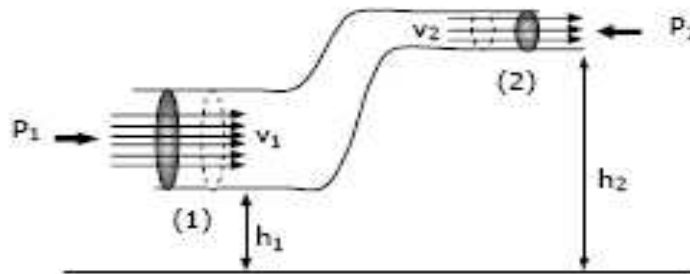
Gb.8 Azas Bernoulli

Gambaran peristiwa tersebut di atas memberikan petunjuk bahwa tekanan fluida ditempat yang kecepatannya besar lebih kecil dari pada ditempat yang kecepatannya kecil. Azas ini disebut dengan *azas Bernoulli*.

2. Persamaan Bernoulli

Azas Bernoulli dinyatakan secara kuantitatif dalam bentuk persamaan, yang disebut dengan persamaan Bernoulli. Persamaan ini menyatakan hubungan antara tekanan, kecepatan dan tinggi rendah (letak) berbagai titik dalam aliran fluida.

Tinjau ilustrasi pada gambar 9 diatas, maka berdasarkan konsep: usaha dan energi mekanik yang melibatkan besaran tekanan p (usaha), besaran kecepatan aliran fluida v (mewakili energi kinetik), dan besaran ketinggian (mewakili energi potensial), Bernoulli menurunkan persamaan matematis, yang dikenal dengan Persamaan Bernoulli, sebagai berikut:



Gb. 9 Aliran pipa dalam pipa (penurunan persamaan Bernoulli)

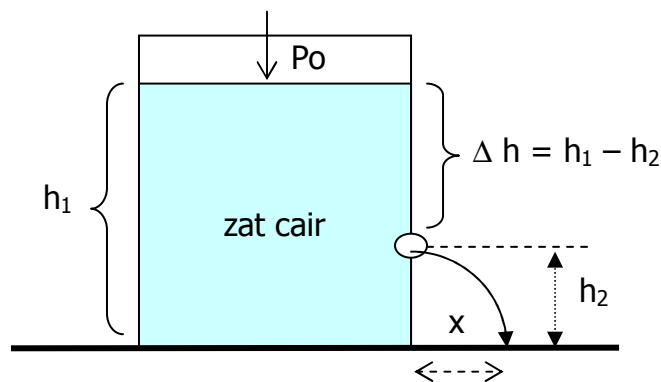
$$p_1 + \frac{1}{2} \rho (v_1)^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho (v_2)^2 + \rho g h_2 \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

- p_1 = tekanan pada titik 1 (Pa)
- p_2 = tekanan pada titik 2 (Pa)
- v_1 = kecepatan pada titik 1 (m/s)
- v_2 = kecepatan pada titik 2 (m/s)
- h_1 = ketinggian pipa pada titik 1 (m)
- h_2 = ketinggian pipa pada titik 2 (m)
- ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

3. Penerapan Azas Bernoulli

a) Menentukan kecepatan air dan debit semburan air pada tangki bocor

Penerapan sederhana azas Bernoulli seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gb.10 Penerapan azas Bernoulli

Keterangan :

h_1 = ketinggian permukaan zat cair dalam bak atau tangki

h_2 = ketinggian lubang kebocoran pada dinding tangki

x = jarak jatuhnya air dari lubang dinding tangki

Δh = selisih ketinggian = $h_1 - h_2$

Bila kedalaman zat dalam bak tidak seberapa besar, maka tekanan di dalam zat cair dimana-mana kira-kira sama dengan tekanan atmosfer (P_0). Jadi $P_1 = P_2 = P_0$, sehingga kecepatan aliran zat cair yang keluar dari lubang kebocoran dapat dirumuskan :

$$\begin{aligned} p_1 + \frac{1}{2} \rho (v_1)^2 + \rho g h_1 &= p_2 + \frac{1}{2} \rho (v_2)^2 + \rho g h_2 \\ p_0 + \frac{1}{2} \rho 0^2 + \rho g h_1 &= p_0 + \frac{1}{2} \rho (v_2)^2 + \rho g h_2 \\ \frac{1}{2} \rho (v_2)^2 &= \rho g h_1 - \rho g h_2 \\ (v_2)^2 &= 2 g (h_1 - h_2) \end{aligned}$$

Jika $v_2 = v$ maka :

$$\boxed{v = \sqrt{2g\Delta h}} \dots\dots\dots (4.2)$$

Sedangkan debit aliran air yang keluar dari dinding tangki :

$$\boxed{Q = A v} \dots\dots\dots (4.3)$$

Untuk menentukan jarak jatuhnya zat cair yang diukur dari dinding tangki dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} h_2 &= \frac{1}{2} g t^2 \\ t &= \sqrt{\frac{2h_2}{g}} \\ x &= v \cdot t \\ x &= \sqrt{2g\Delta h} \cdot \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{4g\Delta h \cdot h_2}{g}} \end{aligned}$$

$$\boxed{x = 2\sqrt{h_2\Delta h}} \dots\dots\dots (4.4)$$

Keterangan :

v = kecepatan aliran zat cair yang keluar dari lubang dinding tangki (m/s)

Q = debit aliran air (m^3/s)

x = jarak jatuhnya zat cair diukur dari dinding tangki (m)

Δh = selisih ketinggian zat cair (m)

Contoh soal :

1. Sebuah tangki terbuka berisi air memiliki kedalaman 2 m, sebuah lubang dengan luas penampang $0,2 \text{ cm}^2$ terdapat pada dasar tangki. Tentukan debit aliran keluar dari lubang keboron tangki tersebut !

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & \left. \begin{array}{l} h_1 = 2 \text{ m} \\ h_2 = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Delta h = h_2 - h_1 \\ = 2 - 0 = 2 \text{ m} \end{array} \\ & A = 0,2 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Ditanya : $Q = \dots\dots ?$

Jawab :

$$\begin{aligned} v_2 &= \sqrt{2g\Delta h} \\ &= \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2} = \sqrt{40} \\ &= 6,33 \text{ m/s} \\ Q &= A \cdot v \\ &= 2 \cdot 10^{-5} \times 6,33 \\ &= 12,66 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

2. Sebuah tangki berisi air setinggi 5 m dari tanah. Pada tangki terdapat lubang kebocoran yang diameternya 2 cm dan lubang tersebut berada 4,5 m di bawah permukaan air dalam tangki (anggap tangki luas sekali sehingga penurunan permukaan diabaikan dengan $g = 10 \text{ m/s}^2$).

Hitunglah : a. Debit alir pada lubang kebocoran tangki

b. jarak jatuhnya air diukur dari dinding tangki

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & h_1 = 5 \text{ m} \qquad h_2 = h_1 - \Delta h \\ & \Delta h = 4,5 \text{ m} \qquad = 5 - 4,5 = 0,5 \text{ m} \\ & d = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m} \\ & A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,02^2 = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Ditanya : a. $Q = \dots\dots\dots ?$

b. $x = \dots\dots\dots ?$

Jawab : a. Kecepatan semburan air pada lubang dinding tangki

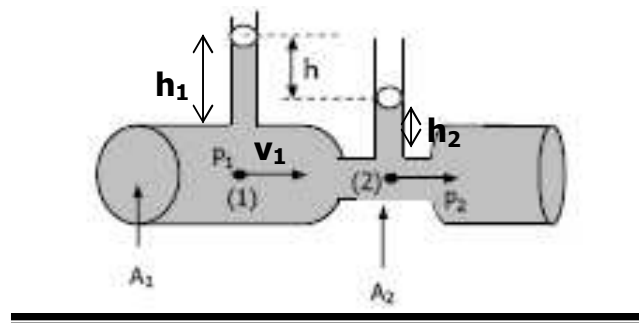
$$\begin{aligned} v_2 &= \sqrt{2g\Delta h} \\ v_2 &= \sqrt{2 \times 10 \times 4,5} = \sqrt{90} \\ &= 9,49 \text{ m/s} \\ Q &= A \cdot v_2 \\ &= 3,14 \cdot 10^{-4} \times 9,49 = 29,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. jarak jatuhnya air diukur dari dinding tangki adalah :

$$\begin{aligned}
 x &= 2\sqrt{h_2\Delta h} \\
 &= 2\sqrt{0,5 \times 4,5} \\
 &= 2\sqrt{2,25} \\
 &= 2 \times 1,5 = 3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b) Tabung Venturi

Secara sederhana dapat dikatakan bahwa tabung venturi adalah sebuah pipa yang mempunyai bagian yang menyempit. Sebagai contoh dari tabung venturi adalah: venturimeter, yaitu alat yang dipasang di dalam suatu pipa yang berisi fluida mengalir, untuk mengukur kecepatan aliran fluida tersebut. Ada dua macam venturimeter, yaitu: venturimeter tanpa manometer dan venturimeter dilengkapi dengan manometer. Dalam hal ini yang kita pelajari venturimeter tanpa manometer (lihat gambar 11).



Gb. 11 Tabung venturimeter

Jika selisih ketinggian pada titik (1) dan titik (2) adalah h, dan luas penampangnya masing-masing A₁ dan A₂ maka kecepatan fluida dalam venturimeter adalah :

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{\left[\frac{A_1}{A_2}\right]^2 - 1}} \dots\dots\dots (4.5)$$

Keterangan :

v₁ = kecepatan fluida dalam venturimeter (m/s)

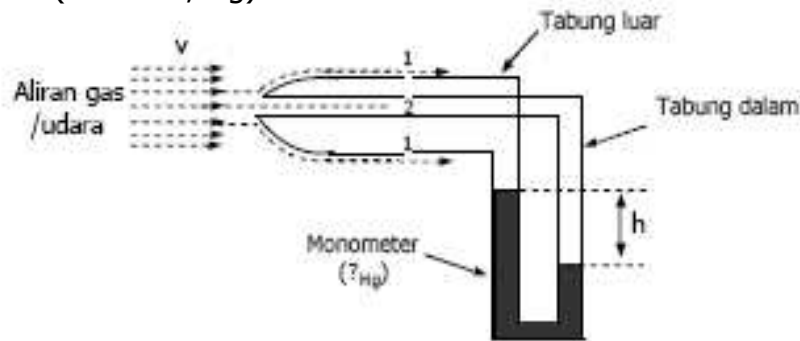
h = selisih ketinggian permukaan air pada tabung 1 dan 2 (m)

A₁ = luas penampang pipa besar (m²)

A₂ = luas penampang pipa kecil (m²)

c) Tabung Pitot

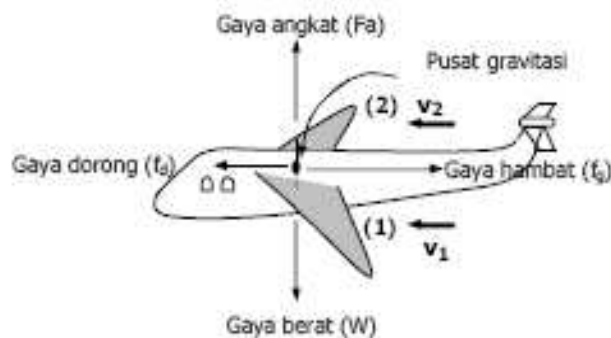
Tabung pitot adalah alat yang digunakan untuk mengukur kelajuan gas, yang terdiri dari suatu tabung: tabung luar dengan dua lubang (1) dan tabung dalam dengan satu lubang (2) yang dihubungkan dengan monometer. Aliran-aliran udara masuk melalui lubang (1) dan (2) menuju monometer, sehingga terjadi perbedaan ketinggian h zat cair dalam monometer (air raksa, Hg).



Gb.12. Bagan sederhana Tabung Pitot

aliran gas/udara yang melalui tabung dalam semakin kekanan berkurang sehingga terhenti, ketika sampai pada lubang (2), karena lubang tabung tegak lurus terhadap monometer, sehingga $v_2 = 0$. Beda ketinggian antara lubang (1) dan (2) dapat diabaikan, sehingga $h_a - h_b = 0$. Dengan menggunakan persamaan Bernoulli sehingga dapat ditentukan kecepatan gas atau udara yang melewati tabung Pitot.

d) Gaya angkat sayap pesawat terbang



Gb. 13 Gaya-gaya yang bekerja pada pesawat

Ada empat macam gaya yang bekerja pada sebuah pesawat terbang yang sedang mengalami perjalanan di angkasa (lihat gambar 13), di antaranya:

- ✍ Gaya angkat (F_a), yang dipengaruhi oleh desain pesawat.
- ✍ Gaya berat (W), yang dipengaruhi oleh gravitasi bumi.
- ✍ Gaya dorong (f_d), yang dipengaruhi oleh gesekan udara.
- ✍ Gaya hambat (f_g), yang dipengaruhi oleh gesekan udara.

Tinjau dengan hukum Bernoulli:

- ✍ Laju aliran udara pada sisi atas pesawat (v_2) lebih besar dibanding laju aliran udara pada sisi bawah pesawat (v_1). Maka sesuai dengan azas Bernoulli, maka tekanan udara pada sisi bawah pesawat (p_1) lebih besar dari tekanan udara pada sisi atas pesawat (p_2). Sehingga gaya angkat pesawat semakin besar.
- ✍ Syarat agar pesawat bisa terangkat, maka gaya angkat pesawat (F_a) harus lebih besar dari gaya berat ($W=m.g$), $F_a > mg$. Ketika sudah mencapai ketinggian tertentu, untuk mempertahankan ketinggian pesawat, maka harus diatur sedemikian sehingga: $F_a = mg$.
- ✍ Jika pesawat ingin bergerak mendatar dengan percepatan tertentu, maka: gaya dorong harus lebih besar dari gaya hambat ($f_d > f_g$), dan gaya angkat harus sama dengan gaya berat, ($F_a = mg$).
- ✍ Jika pesawat ingin naik/ menambah ketinggian yang tetap, maka gaya dorong harus sama dengan gaya hambat ($f_d = f_g$), dan gaya angkat harus sama dengan gaya berat ($F_a = mg$).

c. Rangkuman

1. Azas Bernoulli menyatakan bahwa tekanan fluida ditempat yang kecepatannya besar lebih kecil dari pada ditempat yang kecepatannya kecil.
2. Persamaan Azas Bernoulli :
$$p_1 + \frac{1}{2} \rho (v_1)^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho (v_2)^2 + \rho g h_2$$
3. Penerapan Azas Bernoulli yaitu terdapat pada :
 - a. Menentukan kecepatan, debit semburan air pada tangki bocor dan jarak jatuhnya air dari dinding tangki.
 - b. Tabung Venturi
 - c. Gaya angkat pesawat terbang
4. Kecepatan air yang keluar dari lubang bocoran tangki :

$$v = \sqrt{2g\Delta h}$$

5. Debit semburan air pada tangki bocor :

$$Q = A v = A \sqrt{2g\Delta h}$$

6. Jarak jatuhnya air dari dinding tangki :

$$x = 2\sqrt{h_2\Delta h}$$

7. Kecepatan aliran fluida dalam venturimeter :

$$v_1 = \sqrt{\frac{2.g.h}{\left[\frac{A_1}{A_2}\right]^2 - 1}}$$

d. Tugas 4

1. Tinjau sebuah tangki air terbuka memiliki kedalaman 2 m. sebuah lubang dengan luas penampang $0,2 \text{ cm}^2$ terdapat pada dasar tangki. Tentukan massa air permenit yang mula-mula akan keluar dari tangki tersebut ?
2. Sebuah wadah diisi dengan air hingga kedalaman $h = 2,8 \text{ m}$. Wadah tersebut ditutup dengan kuat, tapi diatas air masih ada ruang udara dengan tekanan $1,36 \times 10^5 \text{ Pa}$. Jika sebuah lubang terdapat pada wadah terletak pada ketinggian $0,6 \text{ m}$ diatas dasar wadah. (a). hitung berapa kecepatan awal air keluar dari lubang. (b) jika tutup atas wadah bocor sehingga udara diatas air terbuka hitung kecepatan awal air tersebut keluar dari lubang.
3. Tinjau sebuah venturimeter yang dilengkapi dengan monometer digunakan untuk mengukur laju aliran zat cair dalam sebuah tabung, jika diketahui beda tekanan diantara pipa utama dengan pipa yang menyempit $10,5 \times 10^4 \text{ Pa}$, dan jika luas penampang pipa utama dan menyempit masing-masing $4 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ dan $2 \times 10^{-2} \text{ m}^2$. Tentukan: (a) kelajuan air yang mengalir pada pipa yang menyempit, (b) berapa beda ketinggian kedua kaki monometer.
4. Sebuah tangki tingginya 4 meter dari tanah diisi penuh air. Sebuah kran berada 3 meter di bawah permukaan air dalam tangki tersebut. Jika kran dibuka tentukan :
 - a. kecepatan semburan air
 - b. dimana jatuhnya air jika diukur dari dinding tangki
5. Sebuah tangki air setinggi h meter dari tanah. Pada tangki terdapat lubang kebocoran yang luas penampangnya 10 cm^2 , dan lubang tersebut berada 4 m dibawah permukaan air, jika kecepatan semburan air pada lubang bocoran $v = 3\sqrt{10} \text{ m/s}$ dan $g = 10 \text{ m/s}^2$.
Tentukan :
 - a. ketinggian permukaan dari dasar tangki
 - b. debit aliran air pada lubang bocoran

e. Test Formatif 4

1. Tinjau sebuah tangki berisi solar dengan tekanan 4,0 bar. Dengan mengabaikan beda ketinggian antara solar dan keran, tentukan kelajuan solar ketika keluar dari keran. Massa jenis solar $7,8 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$. (1 bar = 10^5 N/m^2) ?

2. Tinjau sebuah tangki air terbuka memiliki kedalaman 1,6 m, sebuah lubang dengan luas penampang 4 cm^2 terdapat pada dasar tangki. Tentukan massa air per menit yang mula-mula akan keluar dari tangki tersebut.
3. Sebuah tangki berisi zat cair yang ketinggiannya 120 cm dari tanah dan pada dindingnya terdapat lubang bocoran dengan luas penampang 5 cm^2 . Jika ketinggian lubang bocoran 0,45 m dari tanah dan $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan :
 - a. Kecepatan semburan zat air
 - b. debit aliran pada bocoran
 - c. jarak jatuhnya zat cair dari dinding tangki
4. Sebuah tabung venturimeter untuk mengukur kecepatan aliran air. Jika selisih ketinggian permukaan air pada tabung 1 dan 2 adalah 10 cm, luas penampang $A_1 = 6 \text{ cm}^2$ dan luas penampang $A_2 = 2 \text{ cm}^2$. Hitung kecepatan aliran air pada A_1 !
5. Pada PLTA untuk menggerakkan roda generator yang berjari-jari 0,25 m, menggunakan air yang berasal dari waduk yang dialirkan ke roda generator menggunakan pipa dengan luas penampang 1 m^2 . Berapa debit aliran yang diperlukan supaya kecepatan gerak roda generator 6000 rpm ?

f. Tindak Lanjut

- * Anda yang memperoleh skor $> 6,0$ maka anda boleh melanjutkan kegiatan belajar **modul 10**.
- * Anda yang memperoleh skor $5,0 - 6,0$ maka anda dipersilahkan mengulang test formatif 4.
- * Anda yang memperoleh skor $< 5,0$ maka anda dipersilahkan mengulang kegiatan belajar 4.

g. Kunci Jawaban

• Kunci Jawaban Tugas 4

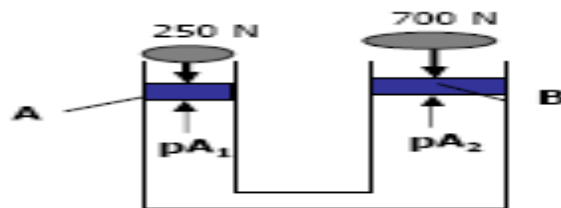
1. $Q = 0,759 \text{ kg/menit}$
2. a. $v = 8,89 \text{ m/s}$
b. $v = 6,63 \text{ m/s}$
3. a. $v = 16,75 \text{ m/s}$
b. $h = 0,79 \text{ m}$
4. a. $v = 7,75 \text{ m/s}$
b. $x = 3,46 \text{ m}$
5. a. $h = 5 \text{ m}$
b. $Q = 9,49 \text{ liter/s}$

• Kunci Jawaban Test Formatif 4

1. $v = 2,768 \text{ m/s}$
2. $Q = 136,76 \text{ kg/s}$
3. a. $v = 4 \text{ m/s}$
b. $Q = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 2 \text{ liter/s}$
c. $x = 1,2 \text{ m}$
4. $v_1 = 0,5 \text{ m/s}$
5. $Q = 157 \text{ m}^3/\text{s}$

EVALUASI

1. Sebuah peti berukuran 2 m x 0,5 m x 0,4 m yang massa jenis bahannya 2500 kg/m³. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$, hitung :
 - a. Berat peti
 - b. Tekanan maksimum peti pada tanah
2. Sebuah pompa hidrolis memiliki penghisap kecil yang diameternya 5 cm dan penghisap besar diameternya 25 cm. Jika penghisap kecil ditekan dengan gaya F , maka pada penghisap besar dihasilkan gaya 2 kN. Hitung besar gaya (F) pada penghisap kecil.



3. Sebuah bejana U berisi fluida. Seperti pada gambar dibawah. Bila penghisap A mempunyai luas 4 cm², dan pada penghisap A diberi beban 800 N dan beban pada penghisap B = 1 kN. Berapa luas penghisap B ?
4. Kapal selam berada pada kedalaman 150 m di bawah permukaan laut. Bila massa jenis air laut 1,02.10³ kg/m³, dan tekanan udara diatas permukaan laut 10⁵ Pa. Berapa tekanan hidrostatis yang dialami kapal selam tersebut !
5. Tinjau sebuah benda, sebelum dimasukkan ke dalam fluida benda ditimbang dengan neraca pegas dan diperoleh berat benda 85,25 N. Tetapi ketika benda dimasukan kedalam air ($\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3$) neraca pegas menunjukkan angka 30,75 N. Tentukan gaya keatas (gaya archimedes) dan volume benda jika tercelup seluruhnya !
6. Sebuah balok kayu berukuran 100 cm x 60 cm x 50 cm terapung di suatu zat cair yang massa jenisnya 0,8 gr/cm³, jika yang tampak di atas permukaan zat cair 40 % dan $g = 10 \text{ m/s}^2$. Berapa gaya keatas ang dialami balok kayu tersebut ?
7. Sebuah pipa kapiler dengan jari-jari 0,4 mm. Kemudian pipa ini sebagaimana dimasukan dalam air yang memiliki tegangan permukaan 5,14.10⁻² N/m². Tentukan kenaikan air dalam pipa kapiler jika diketahui besarnya sudut kontaknya = 15° !

8. Sebuah fluida melalui sebuah pipa yang jari-jarinya 5 cm dengan kecepatan 8 m/s. Tentukan debit aliran dalam a). m^3/s b. m^3/mnt
c. Liter/s
9. Sebuah tangki berisi zat cair yang ketinggiannya 100 cm dari tanah dan pada dindingnya terdapat lubang bocoran dengan luas penampang 5 cm^2 . Jika ketinggian lubang bocoran 0,55 m dari tanah dan $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan :
 - a. Kecepatan semburan zat air
 - b. debit aliran pada bocoran
 - c. jarak jatuhnya zat cair dari dinding tangki
10. Sebuah tabung venturimeter untuk mengukur kecepatan aliran air. Jika selisih ketinggian permukaan air pada tabung 1 dan 2 adalah 15 cm, luas penampang $A_1 = 8 \text{ cm}^2$ dan luas penampang $A_2 = 2 \text{ cm}^2$. Hitung kecepatan aliran air pada A_1 !
11. Pada PLTA untuk menggerakkan roda generator yang berjari-jari 04 m, menggunakan air yang berasal dari waduk yang dialirkan ke roda generator menggunakan pipa dengan luas penampang $0,5 \text{ m}^2$. Berapa debit aliran yang diperlukan supaya kecepatan gerak roda generator 12000 rpm ?