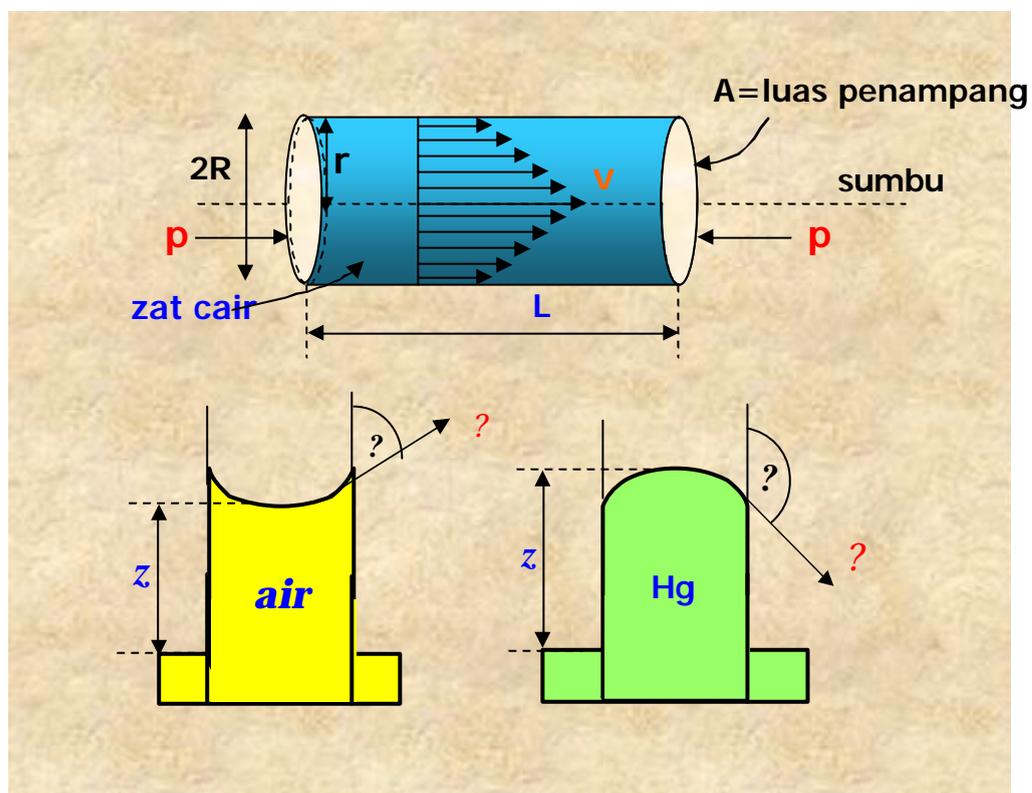


Fluida Statis



BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

2004

Kode FIS.13

Fluida Statis

Penyusun

Drs. Munasir, MSi.

Editor:

Dr. Budi Jatmiko, M.Pd.

Drs. Supardiono, M.Si.

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

2004

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual bidang keahlian Multimedia dan Teknik Komputer dan Jaringan. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari kurikulum SMA di edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (CBT: Competency Based Training).

Sumber dan bahan ajar 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 didik untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusunan naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta didik SMK. 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 di dunia 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 tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak berlebihan bilamana disampaikan rasa terimakasih dan penghargaan yang

sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul (penulis, editor, tenaga komputerisasi modul,) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang standar bagi peserta didik.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Keahlian Multimedia dan Teknik Komputer dan Jaringan, atau prktisi yang sedang mengembangkan bahan ajar modul SMK.

Jakarta, Januari 2005

a.n. Direktorat Jenderal Pendidikan

Dasar dan Menengah

Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan,



Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M.Sc.

NIP. 130 675 814

DAFTAR ISI

✍	Halaman Sampul	i
✍	Halaman Francis	ii
✍	Kata Pengantar	iii
✍	Daftar Isi	v
✍	Peta Kedudukan Modul	vii
✍	Daftar Judul Modul	viii
✍	Glosary	ix

I. PENDAHULUAN

a.	Deskripsi	1
b.	Prasarat	1
c.	Petunjuk Penggunaan Modul	1
d.	Tujuan Akhir	2
e.	Kompetensi	3
f.	Cek Kemampuan	4

II. PEMELAJARAN

A.	Rencana Belajar Peserta Diklat	6
----	--------------------------------------	---

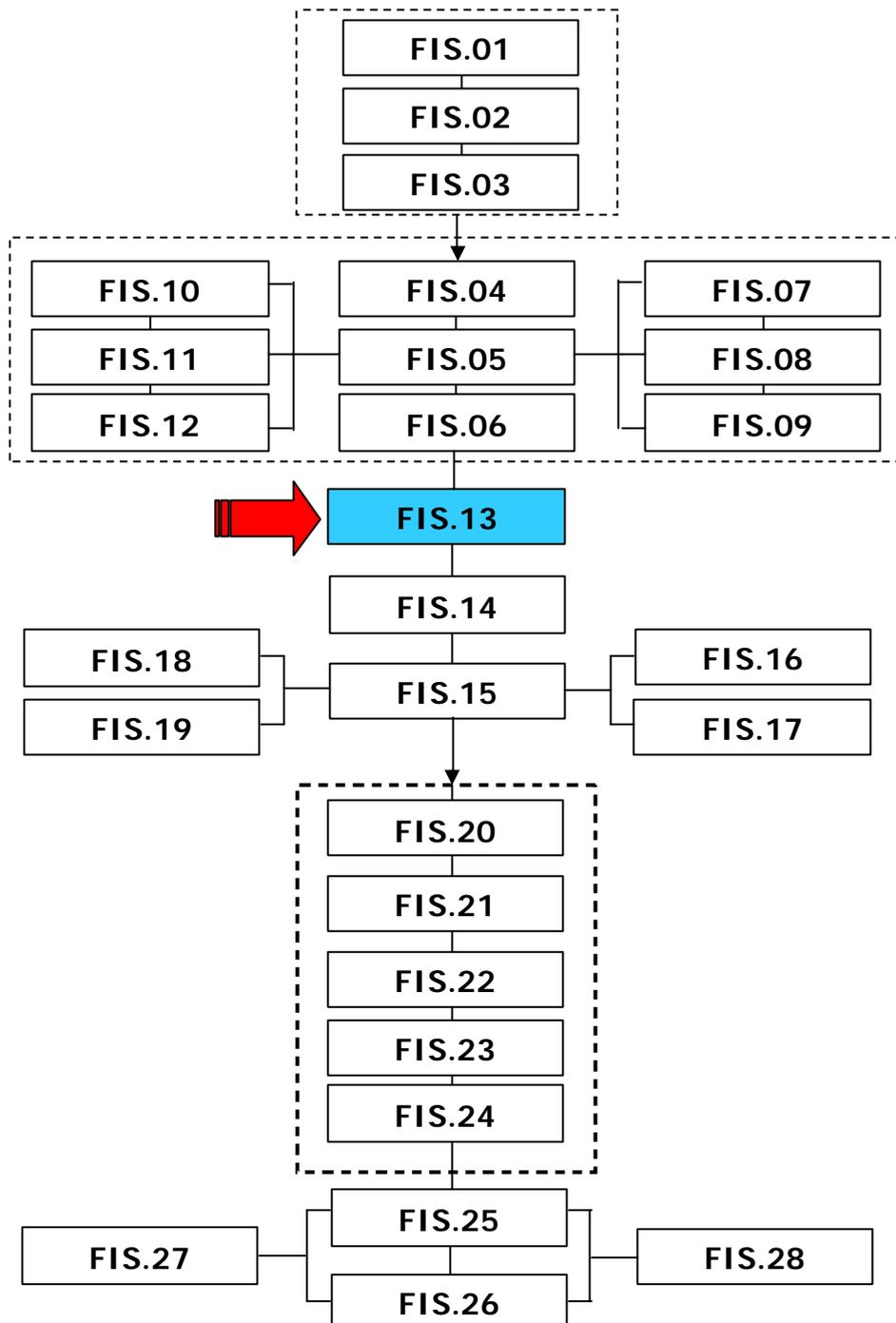
B. Kegiatan Belajar

1.	Kegiatan Belajar	7
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran	7
b.	Uraian Materi	7
c.	Rangkuman	28
d.	Tugas	29
e.	Tes Formatif	30
f.	Kunci Jawaban	33
g.	Lembar Kerja	34
2	Kegiatan Belajar	35
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran	35
b.	Uraian Materi	35
c.	Rangkuman	45
d.	Tugas	46
e.	Tes Formatif	46
f.	Kunci Jawaban	47
g.	Lembar Kerja	48

III. EVALUASI

A. Tes Tertulis	49
B. Tes Praktik.....	51
KUNCI JAWABAN	
A. Tes Tertulis	52
B. Lembar Penilaian Tes Praktik.....	53
IV. PENUTUP	56
DAFTAR PUSTAKA	57

Peta Kedudukan Modul



DAFTAR JUDUL MODUL

No.	Kode Modul	Judul Modul
1	FIS.01	Sistem Satuan dan Pengukuran
2	FIS.02	Pembacaan Masalah Mekanik
3	FIS.03	Pembacaan Besaran Listrik
4	FIS.04	Pengukuran Gaya dan Tekanan
5	FIS.05	Gerak Lurus
6	FIS.06	Gerak Melingkar
7	FIS.07	Hukum Newton
8	FIS.08	Momentum dan Tumbukan
9	FIS.09	Usaha, Energi, dan Daya
10	FIS.10	Energi Kinetik dan Energi Potensial
11	FIS.11	Sifat Mekanik Zat
12	FIS.12	Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar
13	FIS.13	Fluida Statis
14	FIS.14	Fluida Dinamis
15	FIS.15	Getaran dan Gelombang
16	FIS.16	Suhu dan Kalor
17	FIS.17	Termodinamika
18	FIS.18	Lensa dan Cermin
19	FIS.19	Optik dan Aplikasinya
20	FIS.20	Listrik Statis
21	FIS.21	Listrik Dinamis
22	FIS.22	Arus Bolak-Balik
23	FIS.23	Transformator
24	FIS.24	Kemagnetan dan Induksi Elektromagnetik
25	FIS.25	Semikonduktor
26	FIS.26	Piranti semikonduktor (Dioda dan Transistor)
27	FIS.27	Radioaktif dan Sinar Katoda
28	FIS.28	Pengertian dan Cara Kerja Bahan

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 gauge	Nilai tekanan yang diukur dengan menggunakan alat ukur tekanan.
Tekanan atmosfer	Nilai tekanan udara di atas permukaan air laut ($= 1 \text{ atm} = 1,02 \times 10^5 \text{ N/m}^2$)
Tekanan mutlak	Tekanan sesungguhnya, yang besarnya sama dengan tekanan atmosfer ditambah tekanan gauge.
Prinsip Pascal	Tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan kesegala arah sama besar
Hukum pokok hidrostatika	Bahwa semua titik yang terletak pada satu bidang datar didalam satu jenis zat cair memiliki tekanan yang sama besar.
Gaya apung	Gaya yang arahnya keatas yang diberikan oleh fluida kepada benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya dalam fluida.
Hukum Archimides	Gaya apung yang dialami oleh benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair sama dengan berat fluida yang dipindahkan.
Mengapung	Benda berada dipermukaan zat cair
Melayang	Benda berada didalam zat cair antara permukaan dan dasar fluida.
Tenggelam	Benda berada didasar 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 sejenis
Gaya adhesi	Gaya tarik menarik antara partikel-partikel tidak sejenis
Kapilaritas	Peristiwa naik atau turunnya zat cair didalam pipa kapiler (pipa sempit)
Viskositas	Koefisien viskositas, adalah derajat kekentalan zat cair (satuan Pa.s)
Kecepatan terminal	Kecepatan tetap dan terbesar yang dialami oleh benda didalam fluida kental.
Difusi	Perpindahan molekul zat cair dari larutan kental menuju larutan encer
Osmosis	Perpindahan molekul zat cair dari larutan encer menuju larutan kental (molaritasnya lebih besar)
Molaritas	Jumlah mol zat terlarut dalam 1 liter atau 1000 ml zat pelarut.

BAB I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Dalam modul ini anda akan mempelajari konsep dasar fluida statis, yang didalamnya dibahas: konsep tekanan hidrostatis, konsep gaya archimides, konsep hukum Pascal, konsep tegangan permukaan pada zat cair, memahami konsep tegangan permukaan, konsep kapilaritas, konsep viskositas fluida, dan konsep difusi dan osmosis pada larutan zat cair.

B. Prasyarat

Sebagai prasyarat atau bekal dasar agar bisa mempelajari modul ini dengan baik, maka anda diharapkan sudah mempelajari: konsep hukum Newton (dinamika Newton), konsep energi kinetik dan energi potensial, hukum kekekalan energi, sifat mekanik bahan (elastisitas), dan konsep mekanika benda berubah bentuk.

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 fluida,
- ✍ Memahami konsep tekanan hidrostatik,
- ✍ Memahami konsep gaya Archimedes,
- ✍ Memahami konsep hukum Pascal,
- ✍ Memahami konsep tegangan permukaan pada fluida,
- ✍ Memahami konsep tegangan permukaan,
- ✍ Memahami konsep kapilaritas,
- ✍ Memahami konsep viskositas fluida,
- ✍ Memahami konsep difusi dan osmosis.

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	KETERAMPILAN
Memahami konsep dan penerapan dari fluida statis	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Mengidentifikasi: <ul style="list-style-type: none"> - Tekanan - Gaya Archimides - Hukum Pascal - Tegangan Permukaan Cairan - Proses absorpsi dan adsorpsi - Kapilaritas - Peristiwa difusi dan osmosis - Viskositas fluida 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Tekanan ☒ Gaya Archimides ☒ Hukum Pascal ☒ Tegangan Permukaan Cairan ☒ Proses absorpsi dan adsorpsi ☒ Kapilaritas ☒ Peristiwa difusi dan osmosis ☒ Viskositas fluida 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Teliti ☒ Cermat ☒ Kritis ☒ Bertanggung jawab 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Pengertian fluida ☒ Tekanan hidrostatik ☒ Hukum Archimides, Pascal ☒ Pengertian Tegangan permukaan fluida ☒ Pengertian absorpsi dan adsorpsi ☒ 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 Archimides ☒ 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 keatas pada benda yang dicelupkan didalam zat cair 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 dipermukaan air laut dari pada dipermukaan air sungai?
4. Massa sesungguhnya dari sebuah benda adalah 400 gram. Jika ditimbang didalam 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 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: ρ emas murni = 19.300 kg/m^3 .
6. Tinjau sebuah pompa hidrolik 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 gram/cm^3 . Jika jari-jari bola 0,3 cm dan massa jenis 9

gram/cm³ dan percepatan gravitasi bumi 10 m/s². Tentukan koefisien viskositas fluida tersebut.

8. Seorang siswa memasukkan pipa kapiler yang jari-jarinya 1mm ke dalam cairan yang massa jenisnya 0,8 gram/cm³. Ternyata sudut kontakanya 60° dan cairan naik setinggi 40 mm dari permukaan cairan diluar kapiler. Berapakah tegangan permukaan zat cair tersebut?
9. Berapakah kenaikan alkohol dalam sebuah pipa kapiler yang berdiameter 0,05 cm jika tegangan permukaan sebesar 0,25 N/m dan massa jenis alkohol 0,8 gram/cm³. 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. Tentukan tekanan osmotik larutan tersebut.

BAB II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat

Kompetensi : Fluida Statis
Sub Kompetensi : Memahami konsep fluida statis dan penerapannya

Tuliskan semua jenis kegiatan yang anda lakukan di dalam tabel kegiatan di bawah ini. Jika ada perubahan dari rencana semula, berilah alasannya kemudian mintalah tanda tangan kepada guru atau instruktur anda.

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Tanda Tangan Guru

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 1

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

- ✍ Memahami konsep fluida,
- ✍ Memahami konsep tekanan hidrostatik,
- ✍ Memahami konsep gaya Archimedes dan penerapannya,
- ✍ Memahami konsep hukum Pascal dan penerapannya.

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*). Pada modul ini kita akan fokus pada pembahasan fluida statis, *hidrostatik*.

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 dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Tekanan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas}} \text{ atau } p = \frac{F}{A} \quad (1.1)$$

Satuan dan dimensi tekanan

Satuan SI untuk gaya adalah N dan luas adalah m^2 , sehingga sesuai dengan persamaan (1.1), maka:

$$\text{Satuan tekanan} = \frac{\text{satuan gaya}}{\text{satuan tekanan}} = \frac{N}{m^2} \text{ atau } Nm^{-2}$$

Catatan :

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

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cm Hg}$$

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

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} \\ = 1,01 \text{ bar}$$

Dan untuk menghormati Blaise Pascal, seorang ilmuwan berkebangsaan Prancis yang menemukan prinsip Pascal, maka satuan tekanan dalam SI dinamakan juga dalam Pascal (disingkat Pa), $1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nm}^{-2}$. Untuk keperluan lain dalam pengukuran, besaran tekanan juga biasa dinyatakan dengan: atmosfer (atm), cm-raksa (cmHg), dan milibar (mb).

Dalam hal ini perlu dipertegas bahwa istilah tekanan dan gaya jelas berbeda. Konsep tekanan dalam fisika khususnya dalam bahasan fluida: hidrostatis dan hidrodinamika, kedua istilah tersebut menjelaskan besaran yang berbeda dengan karakteristik yang berbeda. Tekanan fluida bekerja tegak lurus terhadap permukaan apa saja dalam fluida tidak peduli dengan orientasi permukaan (tegak, mendatar atau miring). Tekanan tidak memiliki arah tertentu dan termasuk besaran skalar. Tetapi gaya adalah besaran vektor, yang berarti memiliki arah tertentu.

Contoh Soal: Konsep tekanan

1. (a) Seorang peragawati dengan berat 450 N menggunakan sepatu hak tinggi dengan ukuran hak 0,5 cm x 0,5 cm. Tentukan tekanan yang diberikan peragawati tersebut pada lantai ketika ia melangkah dan seluruh berat badannya ditumpu oleh salah satu sepatunya; (b) Seorang pria dengan berat badan 800 N (lebih

berat dari peragawati) menggunakan sepatu dengan ukuran alas sepatu adalah 8 cm x 25 cm. Tentukan tekanan yang diberikan pria tersebut pada lantai ketika ia melangkah dan seluruh berat badannya ditumpu oleh salah satu sepatunya.

Penyelesaian:

Diketahui:

- ✍ Berat wanita (peragawati) $F = 450 \text{ N}$
- ✍ Luas hak sepatu = $0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 0,25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
- ✍ Berat pria $F = 800 \text{ N}$
- ✍ Luas sepatu pria = $8 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} = 2 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$

Maka tekanan:

(a) Peragawati dengan hak sepatu tinggi pada lantai adalah:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{450 \text{ N}}{0,25 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 18 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

(b) Pria dengan luas sepatu $2 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$ pada lantai adalah:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{800 \text{ N}}{2 \times 10^{-2} \text{ m}^2} = 4 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

Komentar, meskipun berat peragawati lebih ringan dibandingkan dengan berat pria, tetapi tekanan yang diberikan peragawati terhadap lantai sekitar 450 kali lebih besar dibanding tekanan yang diberikan pria terhadap lantai. Hal ini disebabkan luas permukaan sepatu peragawati $12,5 \times 10^{-4}$ kali lebih kecil dibanding luas sepatu pria. Dengan demikian peragawati dengan sepatu hak tinggi lebih merusak lantai dari pada pria.

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

- a. Berat peti
- b. Tekanan maksimum peti pada tanah
- c. Tekanan minimum peti pada tanah

Penyelesaian:

Diketahui:

$$\text{Volume peti: } V = 2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 24 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa jenis peti: } \rho = 3000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Percepatan gravitasi bumi: } g = 10 \text{ m/s}^2$$

Maka:

(a) Berat peti adalah:

$$W = \rho V g$$

$$= 3000 \text{ kg/m}^3 \times 24 \text{ m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 = 72 \times 10^4 \text{ N}$$

(b) Tekanan maksimum peti terhadap lantai: (*ambil luas lantai yang lebih sempit: $A = 2 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$*), sehingga:

$$P = \frac{W}{A} = \frac{72 \times 10^4 \text{ N}}{6 \text{ m}^2} = 12 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

(c) Tekanan minimum peti terhadap lantai: (*ambil luas lantai yang lebih luas: $A = 3 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 12 \text{ m}^2$*), sehingga:

$$P = \frac{W}{A} = \frac{72 \times 10^4 \text{ N}}{12 \text{ m}^2} = 6 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

2) Tekanan Hidrostatik

Pengertian tekanan hidrostatik

Tekanan hidrostatik adalah tekanan zat cair (fluida) yang hanya disebabkan oleh beratnya. Gaya gravitasi menyebabkan zat cair dalam suatu wadah selalu tertarik ke bawah. Makin tinggi zat cair dalam wadah, maka makin berat zat cair itu, sehingga makin besar tekanan yang dikerjakan zat cair pada dasar wadah. Dengan kata lain pada posisi yang semakin dalam dari permukaan, maka tekanan hidrostatik yang dirasakan semakin besar. Dan tekanan hidrostatik tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h \quad (1.2)$$

Dimana:

ρ : massa jenis fluida

g : percepatan gravitasi bumi (= 10 m/s²)

h : kedalaman fluida dari permukaan

Jika dalam satu wadah terdiri dari n jenis zat cair yang tak bercampur (massa jenisnya berbeda), maka tekanan hidrostatik pada dasar wadah tersebut adalah merupakan total jumlah tekanan hidrostatik oleh masing-masing jenis zat cair (fluida). Dan tekanan hidrostatik tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$P_h = \sum_{i=1}^n \rho_i \times g \times h_i \quad (1.3)$$

Contoh Soal: Konsep tekanan hidrostatik

1. Suatu wadah berisi air raksa, dengan massa jenis 13.600 kg/m³ setinggi 76 cm.
 - a. Berapa tekanan hidrostatik yang bekerja pada dasar wadah tersebut
 - b. Berapa tinggi air yang setara dengan tekanan hidrostatik tersebut

Penyelesaian:

Diketahui:

ρ Massa jenis air raksa: $\rho = 13.600 \text{ kg/m}^3$

h Kedalaman air raksa dalam wadah: $h = 76 \text{ cm} = 76 \times 10^{-2} \text{ m}$

g Percepatan gravitasi bumi: $g = 10 \text{ m/s}^2$

Maka:

(a) Tekanan hidrostatik pada dasar wadah adalah:

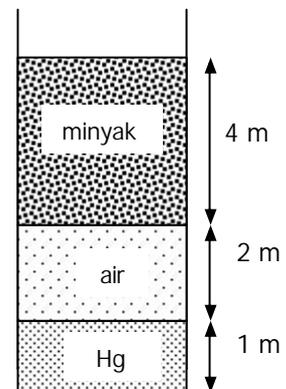
Gunakan persamaan (1.2), maka:

$$\begin{aligned}
 P_h &= \rho \times g \times h \\
 &= 13.600 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 76 \times 10^{-2} \text{ m} \\
 &= 103.360 \text{ N/m}^2 = 103.360 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

(b) Massa jenis air = 1000 kg/m^3 , maka ketinggian air yang setara dengan tekanan air raksa dalam wadah adalah:

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{P_h}{\rho \times g} \\
 &= \frac{103.360 \text{ N/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2} \\
 &= 10,336 \text{ m} = 1.033,6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

2. Sebuah bejana berisi tiga jenis cairan yang tak bercampur yaitu minyak, air, dan air raksa seperti ditunjukkan pada gambar. Massa jenis minyak $0,8 \text{ gr/cc}$, massa jenis air adalah 1 gr/cc , dan massa jenis air raksa $13,6 \text{ gr/cc}$. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan tekanan hidrostatis yang bekerja pada dasar bejana.



Gambar 1.1

Penyelesaian:

Diketahui:

✍ Massa jenis air raksa: $\rho_{\text{Hg}} = 13.600 \text{ kg/m}^3$

✍ Massa jenis air : $\rho_{\text{A}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

✍ Massa jenis minyak: $\rho_{\text{M}} = 800 \text{ kg/m}^3$

✍ Tinggi air raksa $h_{\text{Hg}} = 1 \text{ m}$, tinggi air $h_{\text{A}} = 2 \text{ m}$, dan tinggi minyak $h_{\text{M}} = 4 \text{ m}$.

✍ Percepatan gravitasi bumi: $g = 10 \text{ m/s}^2$

Maka:

Tekanan hidrostatis pada dasar bejana adalah:

Gunakan persamaan (1.3), maka:

$$\begin{aligned}
P_h &= \sum_{i=1}^n \rho_i \times g \times h_i \\
&= \rho_M \times g \times h_M + \rho_A \times g \times h_A + \rho_{Hg} \times g \times h_{Hg} \\
&= 10 (800 \times 4 + 1000 \times 2 + 13.600 \times 4) \text{ N/m}^2 \\
&= 59.600 \text{ N/m}^2
\end{aligned}$$

Tekanan gauge

Tekanan gauge adalah selisih antara tekanan yang tidak diketahui dengan tekanan atmosfer (tekanan udara luar). Jadi nilai tekanan yang diukur dengan alat ukur tekanan adalah *tekanan gauge*. Adapun tekanan sebenarnya adalah *tekanan absolut* atau *tekanan mutlak*.

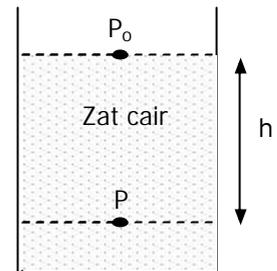
$$P = P_{\text{gauge}} + P_{\text{atm}} \quad (1.4)$$

Sebagai ilustrasi, sebuah ban sepeda mengandung tekanan gauge 3 atm (diukur dengan alat ukur) memiliki tekanan mutlak sekitar 4 atm, karena tekanan udara luar (diper permukaan air laut) kira-kira 1 atm.

Tekanan mutlak pada kedalaman zat cair

Pada lapisan atas zat cair bekerja tekanan atmosfer. Atmosfer adalah lapisan udara yang menyelimuti bumi. Pada tiap bagian atmosfer bekerja gaya tarik gravitasi. Makin kebawah, makin berat lapisan udara yang di atasnya. Oleh karenanya makin rendah kedudukan suatu tempat, makin tinggi tekanan atmosfernya. Diper permukaan air laut, tekanan atmosfer sekitar 1 atm = $1,01 \times 10^5$ Pa.

Tekanan pada permukaan zat cair adalah tekanan atmosfer P_0 , tekanan hidrostatis zat cair pada kedalaman h adalah ρgh , maka tekanan mutlak pada kedalaman h zat cair (lihat gambar 1.2) adalah:



Gambar 1.2

$$P = P_0 + \rho gh$$

(1.5)

Catatan:

- ✍ Jika disebut tekanan pada kedalaman tertentu maka yang dimaksud adalah tekanan mutlak.
- ✍ Jika tidak diketahui dalam soal, gunakan tekanan udara luar $P_0 = 1 \text{ atm} = 76 \text{ cm Hg} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$.

Contoh Soal: Tekanan pada kedalaman zat cair

3. (a) Tentukan tekanan mutlak pada kedalaman 100 m dari permukaan air laut. Jika dianggap massa jenis air laut 1000 kg/m^3 , percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 , dan tekanan dipermukaan air laut $1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$; (b) Hitung gaya total yang dikerjakan pada sisi luar jendela kapal selam berbentuk lingkaran dengan diameter 20 cm pada kedalaman 100 m.

Penyelesaian:

Diketahui:

- ✍ Massa jenis air laut: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- ✍ Kedalaman posisi: $h = 100 \text{ m}$
- ✍ Percepatan gravitasi bumi: $g = 10 \text{ m/s}^2$

Maka:

(a) Tekanan mutlak pada kedalaman 100 m adalah:

Gunakan persamaan (1.5), maka:

$$\begin{aligned} P &= P_0 + \rho \times g \times h \\ &= 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} + 1000 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 100 \text{ m} \\ &= 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} + 10 \times 10^5 \text{ Pa} = 11,01 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

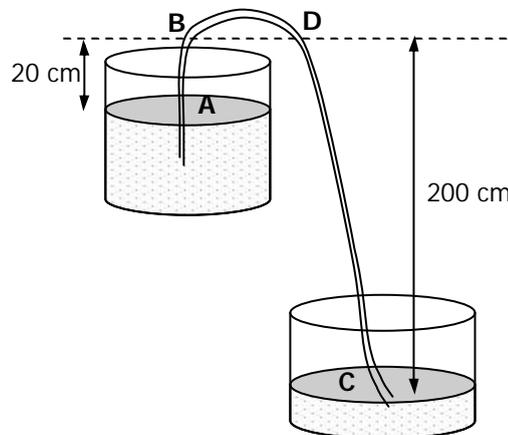
(b) Diameter jendela = 20 cm = 2×10^{-1} m

$$\text{Luas jendela: } A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14(2,0 \times 10^{-1})^2}{4}$$

$$= 3,14 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

Total gaya yang bekerja pada jendela kapal selam pada kedalaman 100 m adalah:

$$\begin{aligned} F &= P \times A \\ &= 11,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times (3,14 \times 10^{-2} \text{ m}^2) \\ &= 34.571 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 1.3

4. Pada proses pemindahan minyak (massa jenis 800 kg/m^3) dari satu wadah ke wadah yang lain dilakukan dengan menggunakan selang, dan posisi wadah pertama diposisikan lebih tinggi dari wadah kedua (lihat gambar 1.3). Hitung beda

tekanan antara: (a). titik A dan C, (b). titik B dan D, jika $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Penyelesaian:

Diketahui:

- ✍ Massa jenis minyak: $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$
- ✍ Ketinggian posisi titik B: $h_B = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$
- ✍ Ketinggian posisi titik D: $h_D = 200 \text{ cm} = 2 \text{ m}$
- ✍ Percepatan gravitasi bumi: $g = 10 \text{ m/s}^2$
- ✍ Titik-titik yang berhubungan tekanan udara luar selalu memiliki tekanan = P_o

Maka:

- (a). Tekanan pada titik A dan C sama besar, yaitu $P_A = P_C = P_o$, sehingga beda tekanan antara titik A dan titik C adalah:

$$P_A - P_C = P_o - P_o = \mathbf{0}$$

- (a). Tekanan pada titik A dan B sama dengan tekanan hidrostatik

zat cair pada ketinggian 20 cm, maka:

$$\begin{aligned} P_A - P_B &= \rho gh = (800 \text{ kg/m}^3) \times (10 \text{ m/s}^2) \times (0,2 \text{ m}) \\ &= 1.600 \text{ N/m}^2 \dots\dots\dots(\#) \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, tekanan pada titik C dan D sama dengan tekanan hidrostatik zat cair pada ketinggian 200 cm,

maka:

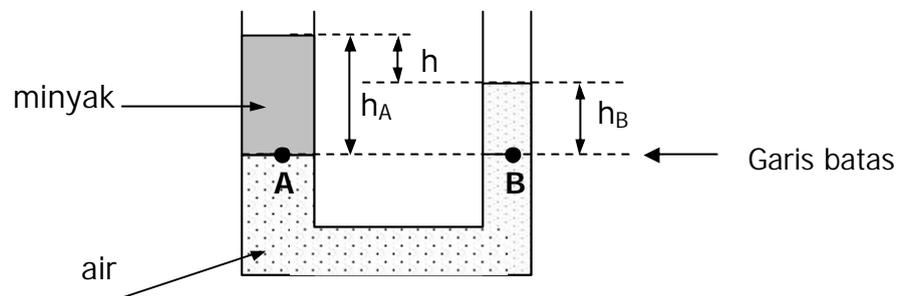
$$\begin{aligned} P_C - P_D &= \rho gh = (800 \text{ kg/m}^3) \times (10 \text{ m/s}^2) \times (2 \text{ m}) \\ &= 16.000 \text{ N/m}^2 \dots\dots\dots(\#\#) \end{aligned}$$

Sehingga, dari persamaan (#) dan (\#\#), diperoleh beda tekanan antara titik B dan titik D:

$$P_B - P_D = 14.400 \text{ N/m}^2 = \mathbf{14.400 \text{ Pa.}}$$

Hukum pokok hidrostatika

Untuk semua titik yang terletak pada kedalaman yang sama maka tekanan hidrostatisnya 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*.



Gambar 1.4

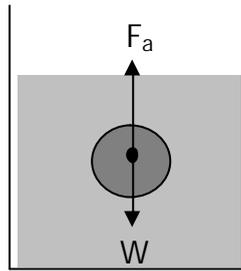
$$\text{maka berlaku: } P_A = P_B, \text{ dan } \rho_{\text{minyak}} h = \rho_{\text{air}} h_B \quad (1.6)$$

3) Gaya Archimides dan Penerapannya

Pengertian gaya apung

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 apung F_a adalah selisih antara gaya berat benda ketika diudara W_{bu} dengan gaya berat benda ketika tercelup sebagian atau seluruhnya dalam fluida W_{bf} .

$$F_a = W_{bu} - W_{bf} \quad (1.7)$$



Gambar 1.5

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 (1.7) dapat juga ditulis menjadi:

$$F_a = m_f g = \rho_f V_{bf} g \quad (1.8)$$

Dimana:

m_f : massa fluida (kg)

ρ_f : massa jenis fluida (kg/m^3)

V_{bf} : volume benda dalam fluida (m^3)

g : percepatan gravitasi bumi ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

Catatan:

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

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:

$$\frac{\rho_b}{\rho_f} = \frac{W}{F_a} \quad (1.9)$$

Mengapung, Melayang, dan Tenggelam

1. Mengapung

Jika benda dicelupkan seluruhnya kedalam fluida (air), maka gaya apung (tekanan keatas, F_a) lebih besar dari berat benda W ($F_a > W$). Tetapi jika benda dalam keadaan bebas benda akan naik keatas, sehingga benda muncul sebagian ke permukaan air, karena berat benda lebih kecil dari gaya apung ($F_a > W$). Ini adalah *konsep mengapung*.

Dari konsep tersebut, dapat dirumuskan hubungan antara massa jenis benda dengan massa jenis fluida:

$$\rho_b < \frac{V_{bf}}{V_b} \rho_f \quad (1.10)$$

Jadi syarat pada peristiwa benda mengapung adalah:

- ? Volume benda yang tercelup kedalam fluida/ volume fluida yang dipindahkan benda lebih kecil dari volume benda ($V_{bf} < V_b$).
- ? Dan atau massa jenis rata-rata benda lebih kecil dari pada massa jenis fluida. ($\rho_b < \rho_f$).

2. Melayang

Jika benda dicelupkan seluruhnya kedalam fluida (air), maka gaya apung (tekanan keatas, F_a) sama dengan berat benda W ($F_a = W$). Tetapi jika benda dalam keadaan bebas benda akan naik keatas, sehingga benda berada pada pada posisi antara dasar wadah air dan permukaan air, karena berat benda sama dengan gaya apung ($F_a = W$). Ini adalah *konsep melayang*.

Jadi syarat pada peristiwa benda melayang adalah:

- ? Volume fluida yang dipindahkan oleh benda sama dengan volume benda ($V_{bf} = V_b$).
- ? Dan massa jenis rata-rata benda sama dengan massa jenis fluida. ($\rho_b = \rho_f$).

3. Tenggelam

Jika benda dicelupkan seluruhnya ke dalam 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:

- ? Volume fluida yang dipindahkan oleh benda lebih besar volume benda ($V_{bf} > V_b$).
- ? Dan massa jenis rata-rata benda lebih besar massa jenis fluida. ($\rho_b > \rho_f$).

Contoh Soal: Konsep Hukum Archimides

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 ($\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$)
 - b. Dicelupkan seluruhnya ke dalam minyak ($\rho = 800 \text{ kg/m}^3$)

Penyelesaian:

Diketahui:

- ✍ Massa jenis air: $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$
- ✍ Massa jenis minyak: $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$
- ✍ Volume balok: $V_b = 0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}^3$.
- ✍ Percepatan gravitasi bumi: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Maka:

(a) Gaya tekan keatas/gaya apung F_a oleh fluida air adalah:

Gunakan persamaan (1.8), maka:

$$F_a = \rho_f V_{bf} g = (1.000 \text{ kg/m}^3) \left(\frac{10^{-3} \text{ m}^3}{2} \right) (9,8 \text{ m/s}^2) \\ = 49 \text{ N}$$

(b) Gaya tekan keatas/gaya apung F_a oleh fluida minyak adalah:

Gunakan persamaan (1.8), maka:

$$F_a = \rho_f V_{bf} g = (800 \text{ kg/m}^3) (10^{-3} \text{ m}^3) (9,8 \text{ m/s}^2) \\ = 7,84 \text{ N}$$

2. Tinjau sebuah benda, sebelum dimasukkan ke dalam fluida benda ditimbang dengan neraca pegas dan diperoleh berat benda 60,5 N. Tetapi ketika benda dimasukkan kedalam air ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) neraca pegas menunjukkan angka 56,4 N. Tentukan massa jenis benda tersebut.

Penyelesaian:

Diketahui:

ρ Massa jenis air: $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$

$W_{bu} = 60,5 \text{ N}$

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

Maka:

Massa jenis benda adalah:

Gunakan persamaan (1.9), maka:

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{W}{F_a} \rho_f \\ &= \frac{W_{bu}}{W_{bu} + W_{bf}} \rho_f \\ &= \frac{60,5 \text{ N}}{60,5 \text{ N} + 56,4 \text{ N}} \rho_f \\ &= 4100 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

3. Sebuah batang balok yang tingginya 40 cm dan massa jenisnya 0,98 gr/cc mengapung diatas zat cair yang massa jenisnya 1,30 gr/cc. Berapa tinggi balok yang terlihat di udara.

Penyelesaian:

Diketahui:

- ✍ Massa jenis benda: $\rho_b = 0,98 \text{ gr/cc} = 980 \text{ kg/m}^3$
- ✍ Massa jenis zat cair: $\rho_f = 1,28 \text{ gr/cc} = 1.280 \text{ kg/m}^3$
- ✍ Tinggi balok: $h_b = 40 \text{ cm}$
- ✍ Tinggi balok yang tercelup: $h_{bf} = 40 - x$
- ✍ Tinggi balok yang terlihat diudara = x

Maka:

Massa jenis benda adalah:

Gunakan persamaan (1.10), maka:

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{V_{bf}}{V_b} \rho_f, \text{ sehingga:} \\ 980 \text{ kg/m}^3 &= \frac{A \cdot (40 - x)}{A \cdot 40} \rho_f \\ &= \frac{40 - x}{40} \rho_f \end{aligned}$$

Dan,

$$x = 9,375 \text{ cm}$$

(jadi tinggi benda yang tampak di atas zat cair = 9,375 cm)

4. Sebuah balon udara yang berisi udara panas memiliki volume 600 m^3 . Balon itu bergerak keatas dengan kelajuan tetap diudara yang massa jenisnya $1,2 \text{ kg/m}^3$. Jika massa jenis udara panas didalam balon saat itu adalah $0,80 \text{ kg/m}^3$.
- Berapa massa total balon dan udara panas yang ada di dalamnya, jika massa balon tanpa udara 120 kg .
 - Berapa percepatan keatas balon ketika suhu udara didalam balok dinaikkan sehingga massa jenisnya menjadi $0,7 \text{ kg/m}^3$.

Penyelesaian:

Diketahui:

- ✍ Massa jenis udara: $\rho_u = 1,2 \text{ kg/m}^3$
- ✍ Massa jenis udara panas: $\rho_{up} = 0,80 \text{ kg/m}^3$
- ✍ Volume balon: $V_b = 600 \text{ m}^3$

Maka:

(a) Massa total balon dan udara panas didalamnya adalah:

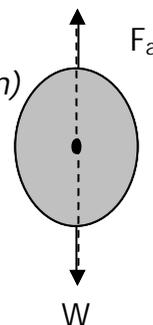
$$\begin{aligned}
 m(\text{total}) &= m(\text{balon}) + m(\text{udara panas}), \text{ sehingga:} \\
 &= 120 \text{ kg} + (0,8 \text{ kg/m}^3)(600 \text{ m}^3) \\
 &= 600 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

(b) Percepatan balon ke atas ketika udara panas didalam balon suhunya dinaikkan, sehingga massa jenisnya menjadi $0,7 \text{ kg/m}^3$.

✍ Mula-mula: (kelajuan konstan)

$F_a = W = 0$, sehingga:

$F_a = W$



✍ Ketika suhu udara dalam balon dinaikan, maka

$$F_a - (W - W') = ma$$

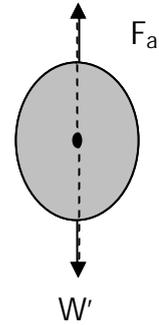
$$W - W' = ma$$

maka :

$$a = \frac{W - W'}{m} = \frac{\rho_{\text{udara}} V_b - \rho_{\text{balon}} V_b}{m}$$

$$= \frac{(0,1 \text{ kg/m}^3)(600 \text{ m}^3) - (9,8 \text{ m/s}^2) \cdot 600 \text{ kg}}{600 \text{ kg}}$$

$$= 0,98 \text{ m/s}^2$$



5. Sebuah silinder logam berongga tingginya 30 cm dan massanya 6 kg, mengapung diatas larutan garam yang massa jenisnya 1,5 gr/cc. Diameter silinder adalah 0,3 m. Berapa massa minimum cairan timah hitam yang dapat dimasukan ke dalam rongga itu sehingga silinder tengelam? Massa jenis timah hitam 11,3 gr/cc.

Penyelesaian:

Diketahui:

✍ Massa jenis larutan garam: $\rho_g = 1.500 \text{ kg/m}^3$

✍ Massa jenis timah hitam: $\rho_t = 11.300 \text{ kg/m}^3$

✍ Massa silinder logam: $m_l = 6 \text{ kg}$

✍ Diameter silinder logam : $d = 0,3 \text{ m}$

✍ Tinggi silinder logam : $t = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Volume silinder logam: } V &= p (d/2)^2 t \\ &= p (0,3/2)^2 \times (0,3) \\ &= 0,0212 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dan massa jenis rata-rata benda: gabungan antara silinder logam berongga dengan timah hitam yang dituangkan ke

dalam rongga silinder logam, sehingga volume gabungannya adalah volume silinder itu juga, maka:

$$\rho_b \cdot \frac{m_{sl} + m_{th}}{V} = \frac{6 + m_{th}}{0,0212}$$

dan dari agar benda tenggelam, maka massa minimal benda ($\rho_b > \rho_g$) adalah:

$$\rho_g = \frac{6 + m_{th}}{0,0212}, \text{ maka: } 1.500 = \frac{6 + m_{th}}{0,0212}$$

$$6 + m_{th} = 31,8 \text{ kg}$$

$$\text{Jadi: } m_{th} = 25,8 \text{ kg.}$$

4) Hukum Pascal dan Penerapannya

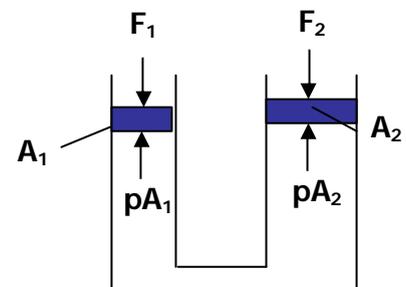
Prinsip Pascal

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 1.6, dengan menggunakan prinsip Pascal, berlaku hubungan, secara matematis:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (1.12)$$



Gambar 1.6

dan untuk pompa hidrolik dengan diameter penghisap 1 adalah D_1 dan diameter penghisap 2 adalah D_2 , maka berlaku juga:

$$F_2 = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 F_1 \quad (1.13)$$

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.

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 .

Penyelesaian:

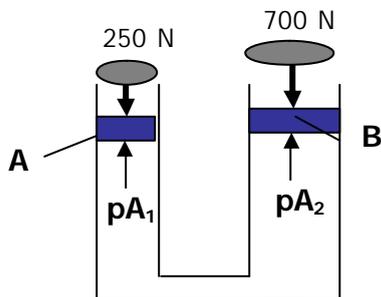
Diketahui:

- ✍ Diameter penghisap kecil: $D_1 = 10 \text{ cm}$
- ✍ Diameter penghisap besar: $D_2 = 25 \text{ cm}$
- ✍ Gaya pada penghisap kecil: $F_1 = F$
- ✍ Gaya pada penghisap besar ; $F_2 = 1.600 \text{ N}$

Maka:

Gaya pada penghisap kecil adalah:

$$F_1 \cdot \frac{D_1^2}{D_2^2} = F_2, \text{ maka } F = \frac{10^2}{25^2} \cdot 1600 = 256 \text{ N}$$



2. Sebuah bejana U berisi fluida. Seperti pada gambar disamping. Bila penghisap A mempunyai luas 6 cm^2 , berapa luas penghisap B. Jika pada penghisap A diberi beban 250 N dan beban pada penghisap B 700 N.

Penyelesaian:

Diketahui:

- ✍ Luas penghisap A: $A_1 = 6 \text{ cm}^2$
- ✍ Luas penghisap B: $A_2 =$ ditanya
- ✍ Gaya pada penghisap A: $F_1 = 250 \text{ N}$
- ✍ Gaya pada penghisap B: $F_2 = 700 \text{ N}$

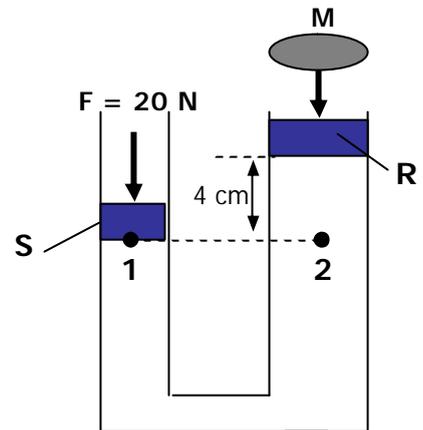
Maka:

Luas penampang pada penghisap B adalah:

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

$$A_2 = \frac{700}{250} \cdot 6 \text{ cm}^2$$
$$= 16,8 \text{ cm}^2$$

3. Tinjau sistem seperti pada gambar disamping, jika silinder sebelah kanan R penampangnya 800 cm^2 dan diberi beban $M \text{ kg}$. Penghisap sebelah kiri S, luas penampangnya 40 cm^2 sedang beratnya dapat diabaikan. Jika sistem diisi dengan cairan dengan massa jenis 900 kg/m^3 . Dan bila sistem dalam keadaan setimbang, dan besar F adalah 20 N . Tentukan massa M ($g = 10 \text{ m/s}^2$).



Penyelesaian:

Diketahui:

- ✍ Luas penghisap S: $A_1 = 40 \text{ cm}^2$
- ✍ Luas penghisap R: $A_2 = 800 \text{ cm}^2$
- ✍ Massa jenis zat cair: $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$
- ✍ Gaya pada penghisap S: $F = 20 \text{ N}$

- ✍ Massa beban pada penghisap R: M kg
- ✍ Percepatan gravitasi bumi: $g = 10 \text{ m/s}^2$

Maka:

Tinjau titik (1) dan titik (2), karena terletak pada ketinggian yang sama dalam cairan yang sejenis, maka: $p_1 = p_2$, sehingga:

$$Mg + \frac{F}{A_1} = \rho gh + \rho A_1 h$$

$$M + \frac{20}{40 \times 10^{-4}} = 900 \times 10 \times 0,04 + \frac{800 \times 10^{-4}}{10}$$

sehingga: $M = 360 - 0,08$
 $M = 42,88 \text{ kg}$

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:

$$\text{Tekanan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas}} \text{ atau } p = \frac{F}{A}$$

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

$$P_h = \rho g h$$

Tekanan mutlak suatu titik pada kedalaman h dari permukaan suatu zat cair adalah: $P = P_0 + \rho gh$

3. Hukum pokok hidrostatis, menyatakan bahwa semua titik yang terletak pada suatu bidang datar didalam satu jenis zat cair memiliki tekanan yang sama.
4. Gaya apung adalah gaya keatas yang dikerjakan fluida pada benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam suatu fluida. Gaya apung F_a adalah selisih antara berat benda diudara W_{bu} dengan berat benda dalam fluida W_{bf} .

$$F_a = W_{bu} - W_{bf}$$

5. Hukum Archimides, menyatakan bahwa: gaya apung yang bekerja pada suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut.

$$F_a = m_f g = \rho_f V_{bf} g$$

6. Konsep: mengapung, melayang dan tenggelam. Dengan ρ_b massa jenis rata-rata benda, dan ρ_f massa jenis fluida.

$$\text{Syarat mengapung: } \rho_b < \rho_f$$

$$\text{Syarat melayang} \quad : \rho_b = \rho_f$$

$$\text{Syarat tenggelam} \quad : \rho_b > \rho_f$$

7. 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:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \text{ dan } F_2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 F_1$$

d. Tugas

1. Jelaskan konsep dasar dari hidrostatis. Apa yang anda ketahui tentang *tekanan gauge* dan *tekanan mutlak*.
2. Hitunglah tekanan pada kedalaman 5 m dalam sebuah sungai, jika tekanan atmosfer udara dipermukaan danau: (a) diperhitungkan, dan (b) diabaikan. Massa jenis air = 1000 kg/m³.
3. Jelaskan prinsip dari hukum Pascal. Tuliskan persamaan yang mendukungnya.
4. Sebuah pompa hidrolis memiliki penghisap kecil yang diameternya 10 cm dan penghisap besar diameternya 30 cm.

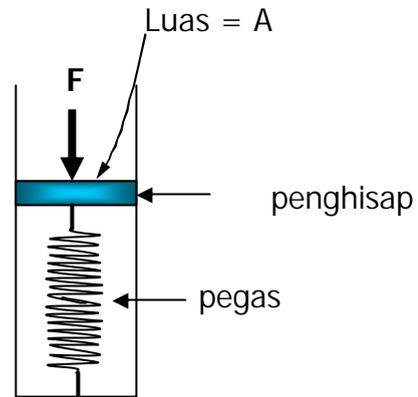
Jika penghisap yang kecil ditekan dengan gaya F , maka penghisap besar menghasilkan gaya 1.500 N. Hitunglah besar gaya F .

5. Jelaskan kemana arah tekanan zat cair terhadap benda yang dicelupkan kedalam zat cair tersebut?
6. Mengapa tekanan air terhadap benda yang yang dicelupkan kedalamnya tidak menghasilkan gaya kearah samping?
7. Apakah gaya keatas pada benda yang dicelupkan didalam zat cair bergantung pada berat benda itu, bila ya jelaskan dan bila tidak jelaskan.
8. Mengapa tidak benar jika dikatakan benda ringan terapung dan benda berat tenggelam?
9. Mengapa besi pejal tenggelam, tetapi besi berongga yang beratnya sama dapat mengapung?
10. Mengapa anda lebih mudah mengapung dipermukaan air laut dari pada dipermukaan air sungai?.

e. Tes formatif

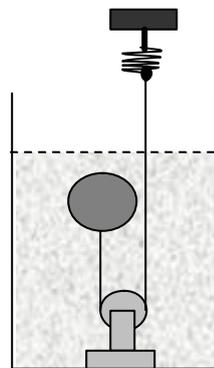
1. Sebuah bejana berbentuk tabung mengandung lapisan minyak 0,25 m yang mengapung diatas air yang kedalamannya 1 m. Jika massa jenis minyak 600 kg/m^3 dan massa jenis air 1000 kg/m^3 . (a). berapakah tekanan gauge pada bidang batas minyak-air. (b). Berapa tekanan gauge pada dasar tabung.
2. Tinjau sebuah alat pengukur tekanan yang memiliki sebuah pegas dengan tetapan gaya $k = 80 \text{ N/m}$, jika luas penampang penghisap adalah $0,40 \text{ cm}^2$. Ujung atasnya dihubungkan kesuatu wadah gas pada tekanan gauge 20 kPa. Berapa jauh pegas tersebut tertekan jika ruang dimana pegas tersebut berada

didalamnya: (a). vakum dan (b).terbuka ke-atmosfer, tekanan atmosfer 100 kPa.



3. Perkirakan selisih tekanan hidrostatis darah diantara otak dan kaki didalam tubuh seorang wanita yang tingginya 170 cm. Jika massa jenis darah $1,06 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ dan percepatan gravitasi bumi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

4. Gabus berbentuk bola dengan jari-jari R (massa jenis ρ) diikat dengan tali yang sangat ringan (massa dapat diabaikan) lalu dicelupkan kedalam air (massa jenis ρ_a) seperti tampak pada gambar. Jika tetapan pegas adalah k. (a).Tentukan pertambahan panjang pegas (nyatakan dalam R, ρ , ρ_a , k dan g). (b). Tentukan pertambahan panjang pegas jika: $R = 80 \text{ cm}$, $\rho = 100 \text{ kg/m}^3$, $\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3$, $k = 200 \text{ N/m}$ dan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.



5. Sebuah bejana memiliki massa 1,5 kg berisi 3 kg minyak (massa jenis = 800 kg/m^3) diam diatas neraca. Sebuah balok logam 7,8 kg (massa jenis = 7800 kg/m^3) digantung dari sebuah neraca pegas dan dicelupkan seluruhnya kedalam minyak. Tentukan pembacaan skala masing-masing neraca (atas dan bawah) ($g = 10 \text{ m/s}^2$).

6. Massa sesungguhnya dari sebuah benda adalah 400 gram. Jika ditimbang didalam 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.
7. Seseorang akan menjual sebungkah emas dengan harga murah. Ketika ditimbang, massa emas itu sama dengan 12,8 kg. Karena ragu-ragu, calon pembeli menimbanginya 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: ρ emas murni = 19.300 kg/m^3 .
8. Sebuah balon dianggap berbentuk bola dengan diameter 12 m berisi udara panas. Massa jenis udara didalam balon 75 % dari massa jenis udara diluar balon (massa jenis udara luar sama dengan 1,3 gr/cc). Jika percepatan gravitasi bumi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, berapakah massa total maksimum balon beserta penumpangnya yang dapat diangkut.
9. Tinjau sebuah pompa hidrolik 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?
10. Sebuah ban dalam mobil diisi udara, volumenya $0,2 \text{ m}^3$ dan massanya 1 kg. Apabila ban tersebut digunakan sebagai pengapung didalam air, massa jenis air 1000 kg/m^3 dan percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 , maka ban tersebut dapat mengangkat beban maksimum berapa.

f. Jawaban tes formatif

1. (a). 1.500 Pa, (b). 11.500 Pa
2. (a). 1 cm , (b). 4 cm
3. $18,02 \times 10^3 \text{ N/m}^2$
4. (a). $x = \frac{4R^3}{3k} \rho g$, (b). 96,46 m
5. Atas = 7 N, dan bawah = 45 N
6. massa jenis zat cair = 2,3 gr/cc
7. Bongkahan tersebut bukan emas murni karena massa jenisnya 9.850 kg/m^3 , sedangkan massa jenis emas murni adalah 19.300 kg/m^3 .
8. Massa total balon beserta isinya = 195.936 kg
9. Gaya pada penghisap kecil = 14 N
10. beban maksimum = 1.987,4 N

g. Lembar kerja

Prinsip hukum archimides dan hukum dasar hidrostatika

1) Bahan

- ✍ Benda padat: Balok aluminium, balok 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 (1.7, 1.8 atau 1.9).
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).

2. Kegiatan Belajar 2

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

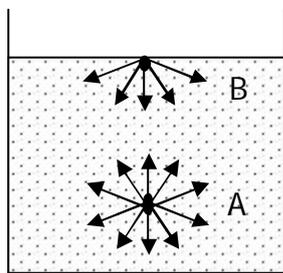
- ✍ Memahami konsep tegangan permukaan,
- ✍ Memahami konsep kapilaritas,
- ✍ Memahami konsep viskositas fluida,
- ✍ Memahami konsep difusi dan osmosis,
- ✍ Memahami proses absorpsi dan adsorpsi.

b. Uraian Materi

1) Tegangan Permukaan pada Fluida

Pengertian tegangan permukaan zat cair

Tegangan permukaan zat cair: adalah kecenderungan zat cair untuk menegang sehingga permukaannya seperti ditutupi suatu lapisan elastis.



Gambar 2.1

Tinjau teori partikel berikut: Tinjau partikel didalam zat cair (A), maka resultan gaya yang bekerja pada partikel tersebut sama dengan nol, karena partikel ditarik oleh gaya yang sama besar kesegala arah.

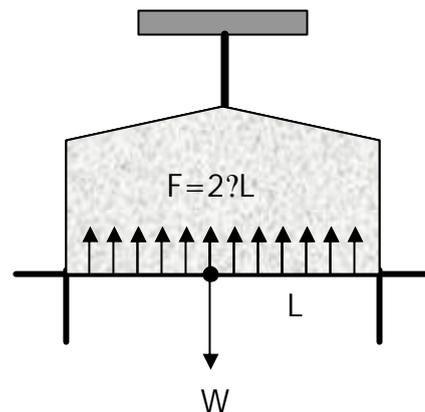
Dan partikel yang berada tepat dibawah permukaan zat cair (B), maka resultan gaya yang bekerja pada partikel tersebut tidak sama dengan nol, karena ada gaya resultan yang arahnya kebawah, sehingga lapisan atas seakan-akan tertutup oleh lapisan selaput elastis yang ketat. Selaput ini cenderung menyempit sekuat mungkin. Oleh karenanya sejumlah tertentu cairan cenderung mengambil bentuk dengan permukaan sesempit mungkin. Inilah yang disebut tegangan permukaan.

Gaya tegangan permukaan

Tinjau gaya tegangan permukaan yang dialami oleh kawat yang dicelupkan kedalam air sabun. Terdiri dari dua kawat, kawat yang lurus posisi horisontal (bawah) cenderung bergerak keatas karena pengaruh tarikan gaya permukaan air sabun. Larutan sabun mempunyai dua permukaan, sehingga gaya tegangan permukaan bekerja sepanjang $2L$ ($= d$), tegangan permukaan (γ) didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya tegangan permukaan (F) dan panjang permukaan (d) dimana gaya itu bekerja.

Sehingga secara matematis, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\gamma = \frac{F}{d} = \frac{F}{2L} \quad (2.1)$$



Gambar 2.2

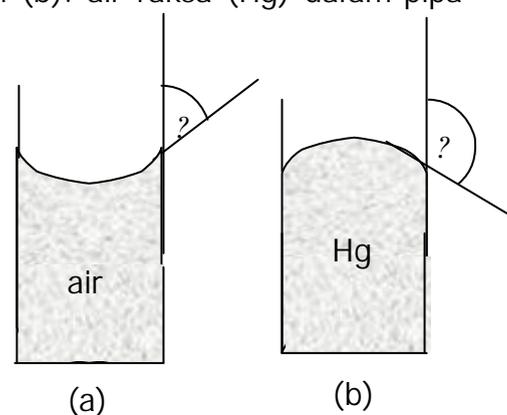
Sudut kontak

Didefinisikan:

- ☞ Gaya kohesi: gaya tarik menarik antara partikel sejenis
- ☞ Gaya adhesi: gaya tarik menarik antar partikel yang tak sejenis

Tinjau: (a) air dalam pipa kapiler, dan (b). air raksa (Hg) dalam pipa kapiler (lihat gambar 2.3)

- (a) Gaya kohesi antar partikel-partikel air lebih besar dari gaya adhesi antara partikel air-partikel gelas, sehingga resultan gaya yang bekerja mengarah ke luar gelas.



Gambar . 2.3

Akibatnya air dalam kaca tabung melengkung keatas, kelengkungan zat cair dalam tabung dinamakan *meniskus*. Dan untuk kasus ini adalah *meniskus cekung: zat cair membasahi dinding*.

- (b) Gaya kohesi antara partikel raksa (Hg) lebih kecil dibandingkan dengan gaya adhesi antara partikel Hg dengan dinding kaca. Sehingga resultan gaya yang bekerja pada permukaan zat cair mengarah ke dalam gelas. Akibatnya raksa dalam tabung kaca melengkung ke bawah, sehingga terjadi *meniskus cembung, dan Hg tidak membasahi dinding kaca*.

Catatan: θ = adalah sudut kontak

Untuk air : $\theta < 90$: sudut lancip
 untuk Hg : $90 < \theta < 180$: sudut tumpul

Sudut kontak berbagai pasangan bahan

Bahan	Sudut Kontak
Air-kaca	0°
Raksa-kaca	140°
Air-parafin	107°

2) Gejala kapiler

Konsep kapilaritas

Gejala kapiler atau kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya zat cair dari dalam pipa kapiler (*pipa sempit*). Ada dua macam gaya yang bekerja pada zat cair dalam pipa kapiler, yaitu:

1. Gaya berat: W dengan arah kebawah
2. Gaya tarik pipa pada zat cair: F_y dengan arah ke atas

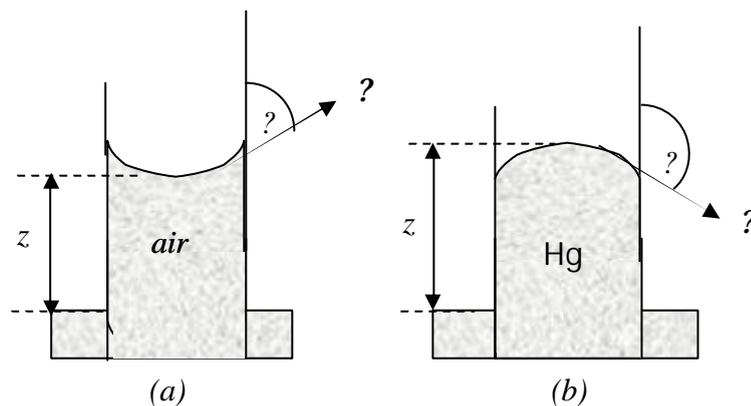
Jika ditinjau zat cair dalam keadaan setimbang (= diam), maka berlaku hukum Newton kedua ($\sum F = 0$), sehingga ketinggian permukaan zat cair dalam pipa kapiler dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$z = \frac{2\sigma \cos\theta}{\rho g r} \quad (2.2)$$

Sebagai catatan:

• Untuk zat cair meniskus cekung (seperti air), maka sudut kontak θ lancip, sehingga nilai $\cos \theta$ positif, sehingga z positif: *zat cair naik*. Lihat gambar 2.4.a.

• Untuk zat cair meniskus cembung (seperti Hg), maka sudut kontak θ tumpul, sehingga nilai $\cos \theta$ negatif, sehingga z negatif: *zat cair turun*. Lihat gambar 2.4.b.



Gambar . 2.4

Contoh soal:

Berapakah kenaikan alkohol dalam sebuah pipa kapiler yang berdiameter 0,05 cm, jika tegangan permukaan sama dengan 0,025 N/m dan massa jenis alkohol 0,8 gr/cm³. Asumsikan bahwa sudut kontaknya sama dengan nol.

Penyelesaian:

Gunakan persamaan (2.2):

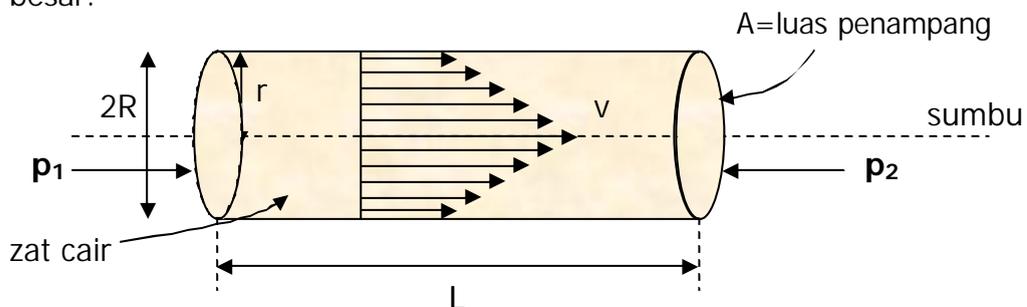
$$z = \frac{2 \gamma \cos \theta}{\rho g r}$$
$$= \frac{2 (0,025 \text{ N / m}) \cos 0}{(800 \text{ kg / m}^3) (10 \text{ m / s}^2) (5 \cdot 10^{-4} \text{ m})}$$
$$= 0,0125 \text{ m}$$
$$= 1,25 \text{ cm}$$

3) Viskositas fluida

Laju aliran fluida

Pengertian viskositas fluida (zat cair): adalah gesekan yang ditimbulkan oleh fluida yang bergerak, atau benda padat yang bergerak didalam fluida. Besarnya gesekan ini biasa juga disebut sebagai derajat kekentalan zat cair. Jadi semakin besar viskositas zat cair, maka semakin susah benda padat bergerak didalam zat cair tersebut. Viskositas dalam zat cair, yang berperan adalah gaya kohesi antar partikel zat cair. Viskositas dalam gas yang berperan adalah gaya akibat tumbukan antar molekul-molekul dalam gas.

Tinjau: aliran zat cair dalam suatu pipa (gambar 2.5) garis alir dianggap sejajar dengan dinding pipa. Akibat adanya kekentalan zat cair dalam pipa, maka besarnya kecepatan gerak partikel pada penampang melintang tersebut tidak sama, hal ini disebabkan adanya gesekan antar molekul pada cairan kental. Pada titik pusat pipa aliran cairan paling besar.



Gambar 2.5 . aliran viscous

Bila p_1 dan p_2 adalah tekanan pada ujung-ujung tabung dengan diameter $2R$, maka cairan pada jari-jari r akan mengalami gaya dalam arah v sebesar:

$$F = A \frac{dv}{dr} = 2\pi r L \frac{dv}{dr} \quad (2.3)$$

Dan jika ditinjau pada keadaan setimbang (*steady state*), maka jumlah gaya pada arah sumbu v (arah horisontal) sama dengan nol, sehingga kecepatan aliran zat cair:

$$v = \frac{P}{4\eta L} (R^2 - r^2) \quad (2.4)$$

dimana: $P = P_1 - P_2$. Dan debit atau laju aliran zat cair, dapat ditentukan dengan:

$$Q = \frac{dv}{dt} = \frac{\rho R^4}{8\eta L} (P_1 - P_2) \quad (2.5)$$

dimana: $(P_1 - P_2)/L$ menyatakan gradient tekanan.

Bilangan Reynold

Zat cair kental dengan aliran tidak terlalu cepat, maka aliran bersifat laminar, dan jika kecepatan aliran melebihi batas tertentu, sehingga aliran bersifat lebih kompleks dan terjadi pusaran-pusaran yang disebut vortek, maka aliran jenis ini disebut aliran turbulen. Dari eksperimen didapatkan bahwa ada 4 faktor yang menentukan apakah aliran bersifat laminar atau turbulen. Keempat faktor tersebut dinyatakan dengan bilangan Reynold dan dinyatakan:

$$N_R = \frac{\rho v D}{\eta} \quad (2.6)$$

Dimana:

- ρ : massa jenis zat cair (kg/m^3)
- v : kecepatan rata-rata aliran (m/s)
- D : diameter pipa (m)
- N_R : bilangan Reynold

Untuk aliran bersifat laminar, maka bilangan Reynold berkisar antara 0 sampai dengan 2000, sedangkan untuk aliran bersifat turbulen bilangan Reynold diatas 3000. Dan untuk bilangan Reynold antara 2000 hingga 3000 aliran bersifat campuran turbulen dan laminar.

Hukum Stokes untuk fluida kental

Fenomena viskositas dalam aliran fluida kental sama saja dengan gesekan pada gerak benda padat. Untuk fluida ideal, viskositas $\eta = 0$, sehingga benda yang bergerak dalam fluida ideal tidak mengalami gaya gesek dengan fluida. Untuk benda yang bergerak di dalam fluida kental, maka benda tersebut akan mengalami gaya gesek, sebesar:

$$F_g = \frac{4}{3} \pi r^2 \eta \frac{dv}{dz} = 6\pi \eta r v \quad (2.7)$$

koefisien η bergantung pada bentuk geometri benda. Untuk benda berbentuk bola, menurut perhitungan laboratorium: $\eta = 6\pi \eta r$, sehingga benda berbentuk bola yang bergerak didalam fluida kental akan mengalami gaya gesek sebesar:

$$F_g = 6\pi \eta r v \quad (2.8)$$

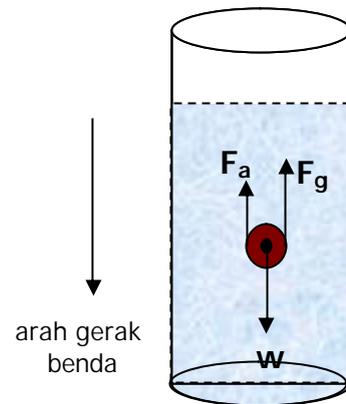
Kecepatan terminal

Pengertian kecepatan terminal dalam konteks percobaan pengukuran kekentalan zat cair. Sebuah kelereng yang dijatuhkan dalam larutan kental suatu saat akan mengalami kecepatan terbesar dan tetap, kecepatan ini dinamakan *kecepatan terminal*.

Tinjau sebuah benda berbentuk bola dijatuhkan kedalam larutan kental, selama gerakannya, benda tersebut akan mengalami tiga gaya, yaitu: (1) gaya berat, $W = mg$, (2) gaya angkat keatas yang dikerjakan fluida terhadap benda tersebut sebagai respon terhadap berat fluida

yang dipindahkan oleh benda, $F_a = \rho_f g V$, dan (3) gaya gesekan benda dengan fluida $F_g = 6\eta r v$. Pada keadaan setimbang, dengan menggunakan hukum Newton, diperoleh:

$$v_T = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{\eta} (\rho_b - \rho_f) \quad (2.9)$$



Gambar 2.6. Percobaan Stokes

Dimana:

- r : jari-jari bola (m)
- ρ_b : massa jenis benda (kg/m^3)
- ρ_f : massa jenis fluida (kg/m^3)
- η : viscositas zat cair (Pa.s)

Contoh soal

Berapakah kecepatan terminal sebuah bola baja berjari jari 1 mm yang jatuh kedalam larutan gliserin pada suhu 20°C . Jika diketahui massa jenis besi $7,86 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, massa jenis gliserin $1,26 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ dan viscositas gliserin 1,41 Pa.s.

Penyelesaian:

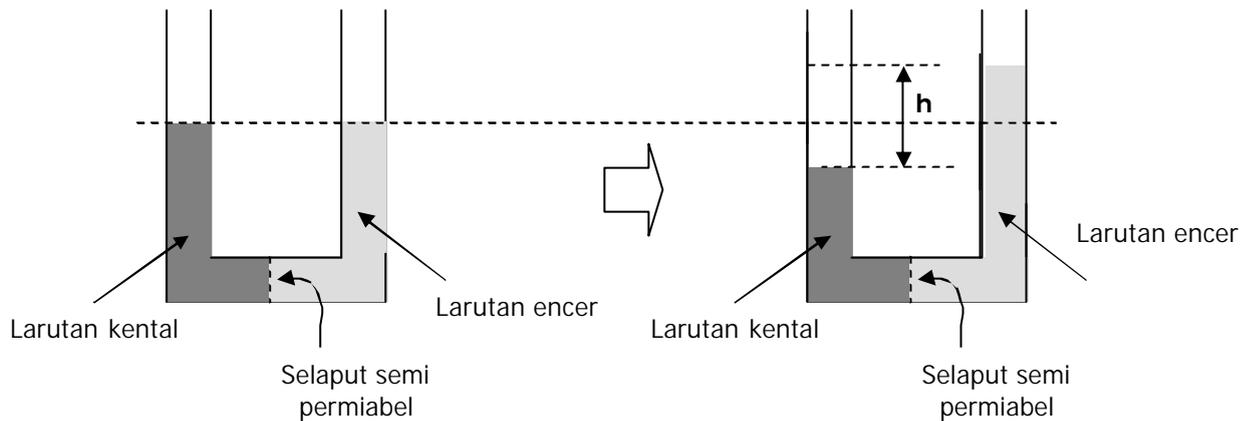
Gunakan persamaan (2.9):

$$\begin{aligned}
 v_T &= \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{\eta} (\rho_b - \rho_f) \\
 &= \frac{2}{9} \frac{(1 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \cdot 10 \text{ m/s}^2}{1,41 \text{ Pa.s}} (7,86 \times 10^3 - 1,26 \times 10^3) \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1,02 \times 10^{-3} \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

4) Difusi dan Osmosis

Difusi

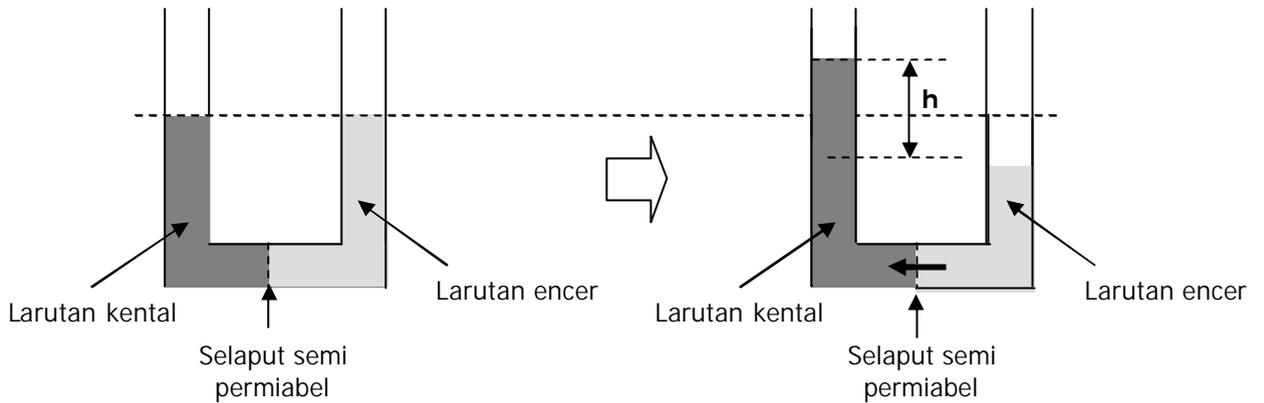
Difusi adalah perpindahan zat cair dari larutan pekat/kental menuju larutan encer. Tinjau Pipa U yang berisi dua jenis zat cair dengan tingkat kekentalan/keenceran yang berbeda, yang dipisahkan oleh selaput semipermeabel. Larutan yang lebih kental menuju larutan yang lebih encer melalui selaput semipermeabel. Akibat perpindahan zat cair tersebut maka permukaan kedua larutan tidak sama (larutan yang lebih encer permukaannya lebih tinggi). Lihat gambar 2.7.



Gambar 2.7. Proses Difusi

Osmosis

Osmosis adalah perpindahan zat cair dari larutan encer ke larutan kental. Akibat perpindahan ini, maka permukaan larutan yang lebih kental menjadi lebih tinggi. Lihat gambar 2.8. Larutan semipermeabel adalah selaput yang memiliki pori-pori yang hanya dapat dilewati partikel pelarut, tetapi tidak dapat dilewati zat terlarut.



Gambar 2.8. Proses Osmosis

Tekanan molekul larutan kental agar molekul larutan encer tidak masuk kedalam larutan tersebut disebut *larutan osmosis*. Dan nilainya hanya ditentukan oleh jumlah partikel zat terlarut. Menurut Van't Hoff, persamaan tekanan osmosis dirumuskan sebagai berikut:

$$p = M \cdot R \cdot T \quad (2.10)$$

Dimana:

- p : tekanan osmosis (atm)
- M : molaritas larutan (mol/L)
- R : tetapan gas (=0,082 L atm /mol.K)
- T : suhu dalam kelvin (K)

Contoh soal:

Jika 45 gram glukosa dilarutkan dalam air, hingga 2 L (M_r glukosa=180), dan suhu larutan 27 °C. Tentukan tekanan osmosis larutan tersebut.

Penyelesaian:

$$\text{Jumlah mol glukosa} = \frac{g}{M_r} = \frac{45}{180} = 0,25 \text{ mol}$$

$$\text{Molaritas glukosa} = \frac{\text{jumlah mol glukosa}}{\text{volume dalam satuan L}} = \frac{0,25}{2} = 0,125 \text{ M}$$

$$T = t + 273 \text{ K} = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

Maka tekanan osmosis larutan:

$$\pi = M \cdot R \cdot T = 0,125 \times 0,082 \times 300 = \mathbf{3,074 \text{ atm}}$$

c. Rangkuman

1. *Tegangan permukaan zat cair* adalah kecenderungan zat cair untuk menegang sehingga permukaannya seperti ditutupi suatu lapisan elastis. Selaput ini cenderung menyempit sekuat mungkin. Oleh karenanya sejumlah tertentu cairan cenderung mengambil bentuk dengan permukaan sesempit mungkin.
2. Gejala kapiler atau kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya zat cair dari dalam pipa kapiler (*pipa sempit*). Ketinggian permukaan zat cair dirumuskan sebagai berikut:

$$z = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

- ✍ Untuk zat cair **meniskus cekung** (seperti air), maka sudut kontak θ lancip, sehingga nilai $\cos \theta$ positif, sehingga z positif: **zat cair naik**.
 - ✍ Untuk zat cair **meniskus cembung** (seperti Hg), maka sudut kontak θ tumpul, sehingga nilai $\cos \theta$ negatif, sehingga z negatif: **zat cair turun**.
3. Kecepatan terbesar dan tetap yang dialami oleh benda berbentuk bola yang dijatuhkan kedalam larutan kental disebut *kecepatan terminal*. Dan menurut Stokes, kecepatan terminal dirumuskan:

$$v_T = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{\eta} (\rho_b - \rho_f)$$

4. Difusi adalah perpindahan molekul zat cair dari larutan pekat/kental menuju larutan encer, melalui selaput semipermeabel. Sebaliknya Osmosis adalah perpindahan molekul

zat cair dari larutan encer menuju larutan kental, melalui selaput semipermeabel. Oleh Vant Hoff, tekanan osmosis dirumuskan sebagai berikut:

$$\pi = M R T$$

d. Tugas

1. Jelaskan apa yang anda ketahui tentang tegangan permukaan pada zat cair, berikan contoh dari gejala fisis tersebut.
2. Jelaskan apa yang anda ketahui dengan kapilaritas, dan beri contoh dari gejala fisis tersebut.
3. Jelaskan apa yang anda ketahui tentang viskositas zat cair, dan bagaimana cara menentukannya pada suatu zat cair.
4. Jelaskan apa yang anda ketahui tentang *aliran laminar* dan *aliran turbulen* pada zat cair, berikan contoh.
5. Jelaskan perbedaan antara peristiwa difusi dan osmosis pada larutan yang berbeda konsentrasinya.
6. Jelaskan faktor apa saja yang mempengaruhi/menghambat benda jatuh didalam zat cair. Dan apa yang anda ketahui tentang kecepatan terminal benda yang jatuh didalam zat cair dan besaran apa saja yang mempengaruhinya, jelaskan.
7. Bila anda jatuhkan satu tetes air, air raksa, dan alkohol pada permukaan kaca yang bersih. Jelaskan pengamatan anda berdasarkan gaya kohesi dan gaya adhesi pada partikel-partikel air, air raksa, dan alkohol serta masing-masing partikel terhadap kaca.

e. Tes Formatif

1. Sebuah bola yang terbuat dari logam bergerak vertikal kebawah dengan kelajuan konstan 2,6 cm/s di dalam suatu fluida yang mempunyai massa jenis 3 gram/cm³. Jika jari-jari bola tersebut 0,3

- mm dan massa jenisnya 9 gram/cm^3 . Jika percepatan gravitasi bumi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Tentukan viskositas fluida tersebut.
2. Tentukan kecepatan terminal sebutir tetes air hujan yang jatuh diudara, jika diasumsikan garis tengah tetes air hujan tersebut adalah $0,6 \text{ mm}$, massa jenis udara $1,3 \text{ kg/m}^3$, dan koefisien viskositas udara $1,80 \times 10^{-5} \text{ Pa.s}$, percepatan gravitasi bumi $g = 10 \text{ m/s}^2$.
 3. Sebuah pipa kapiler berdiameter $0,81 \text{ mm}$ dimasukkan tegak lurus kedalam bejana yang berisikan air raksa (massa jenis = $13,62 \text{ gram/cm}^3$). Tentukan sudut kontak antara air raksa dengan pipa, bila tegangan permukaan zat cair adalah $3,6 \text{ N/m}$, turunnya permukaan air raksa dalam pipa kapiler dihitung dari permukaan zat cair dalam bejana $1,69 \text{ cm}$. Percepatan gravitasi bumi $g = 10 \text{ m/s}^2$.
 4. Tunjukkan besaran apa saja yang mempengaruhi kenaikan permukaan fluida yang cekung didalam pipa kapiler.
 5. Jika diketahui $5,6 \text{ gram}$ larutan non elektrolit ($M_r=40 \text{ gram/mol}$) dilarutkan kedalam air hingga 3 liter . Tentukan tekanan osmosis larutan pada temperatur 25°C .

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. $7,54 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$
2. $44,38 \text{ m/s}$
3. $1,44^\circ$
4. $z \cdot \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \theta}{r \cdot \rho \cdot g}$, jadi yang mempengaruhi kenaikan permukaan fluida dalam pipa kapiler adalah: (1) tegangan permukaan dan massa jenis larutan (*jenis larutan*), (2) sudut kontak antara larutan dan pipa kapiler, dan (3). Jari-jari pipa kapiler.
5. $1,148 \text{ atm}$

g. Lembar Kerja

Menentukan viskositas zat cair

1) Bahan

- ✍ Zat cair: minyak goreng dan gliserin
- ✍ Logam berbentuk bola atau kelereng (jejari sekitar 0,5 cm)

2) Alat

- ✍ Tabung gelas panjang
- ✍ Penggaris
- ✍ Jangka sorong
- ✍ Stopwatch

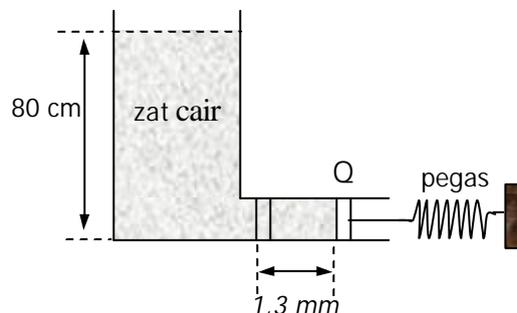
3) Langkah kerja

1. Ukur diameter logam berbentuk bola
2. Tentukan massa jenis logam
3. Tuang zat cair: gliserin dalam tabung gelas panjang
4. Masukkan logam kedalam zat cair dalam tabung gelas
5. Amati pergerakan logam dalam zat cair, tentukan kecepatan terminalnya
6. Hitung viscositas zat cair dengan menggunakan persamaan (2.9)
7. Ulangi langkah (1) sampai dengan (6) untuk benda kelereng.
8. Ulangi langkah (1) sampai dengan (7) untuk jenis zat cair lain: minyak goreng.

BAB III. EVALUASI

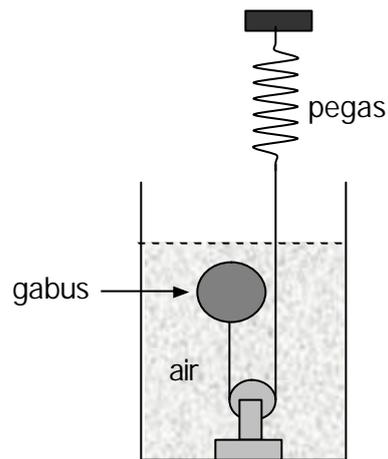
A. Tes Tertulis

1. Sebuah benda berbentuk bola dengan diameter 1 cm, dijatuhkan bebas kedalam cairan dengan viskositas 800 kg/m^3 . Dari eksperimen diperoleh bahwa kelajuan maksimum yang dialami benda 4 m/s. Jika massa jenis benda 7800 kg/m^3 dan percepatan gravitasi bumi $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan viskositas zat cair tersebut.
2. Berapakah kecepatan terminal sebuah bola baja berjari jari 1,2 mm yang jatuh kedalam larutan gliserin pada suhu 30°C . Jika diketahui massa jenis besi $7,86 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, massa jenis gliserin $5,22 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ dan viskositas gliserin 1,41 Pa.s.
3. Berapakah kenaikan alkohol dalam sebuah pipa kapiler yang berdiameter 0,25 cm, jika tegangan permukaan sebesar 0,5 N/m dan massa jenis alkohol $0,8 \text{ gr/cm}^3$. Asumsikan bahwa sudut kontaknya sama dengan 30° .
4. Tinjau sebuah percobaan sederhana dalam menentukan massa jenis zat cair (lihat gambar). Penghisap S dapat bergerak bebas dengan luas penampang $2,6 \text{ cm}^2$. Jika konstanta pegas 200 N/m dan pegas tertekan 1,3 mm, tentukan massa jenis zat cair tersebut.



5. Sebuah logam ditimbang diudara dengan neraca pegas, memberikan bacaan massa 0,90 kg. Ketika batuan dicelupkan kedalam air bacaan skala neraca pegas 0,80 kg. Tentukan massa jenis batuan tersebut.

6. Gabus berbentuk bola dengan jari-jari $R = 4 \text{ cm}$ (massa jenis 100 kg/m^3) diikat dengan tali yang sangat ringan (massa dapat diabaikan) lalu dicelupkan ke dalam air (massa jenis 1000 kg/m^3) seperti tampak pada gambar. Tentukan gaya yang dialami pegas. Dan jika pegas mengalami pertambahan panjang 2 mm , berapa tetapan gaya pegas tersebut. ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$).



B. Tes Praktik

Menentukan tegangan permukaan zat cair

1). Bahan

✍ Zat cair: air dan alkohol

2). Alat

✍ Tabung gelas (pipa kapiler);

✍ Wadah;

✍ Penggaris;

✍ Garis busur (pengukur sudut);

✍ Jangka sorong.

3). Langkah kerja

1. Ukur diameter tabung gelas (pipa kapiler)
2. Masukkan air dalam wadah
3. Masukkan pipa kapiler dalam air pada wadah
4. Ukur ketinggian air dalam pipa kapiler diatas permukaan air dalam wadah
5. Ukur sudut kontak air dengan pipa kapiler
6. Hitung tegangan permukaan zat cair
7. Ulangi langkah (1) sampai dengan (6) untuk zat cair lain: gliserin atau minyak

KUNCI JAWABAN

A. Tes Tertulis

1. $58,33 \times 10^{-2} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
2. $0,06 \text{ cm/s}$
3. $4,3 \text{ cm}$
4. 125 kg/m^3
5. 9000 kg/m^3
6. $29,5 \times 10^3 \text{ N/m}$

LEMBAR PENILAIAN TES PESERTA

Nama Peserta :
 No. Induk :
 Program Keahlian :
 Nama Jenis Pekerjaan :

PEDOMAN PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Skor Maks	Skor Perolehan	Catatan
1	2	3	4	5
I	Perencanaan			
	1.1.Persiapan alat dan bahan	2		
	1.2.Analisis model susunan	3		
	Sub total	5		
II	Model Susunan			
	2.1.Penyiapan model susunan	3		
	2.2.Penentuan data instruksi pd model	2		
	Sub total	5		
III	Proses (Sistematika & Cara kerja)			
	3.1.Prosedur pengambilan data	10		
	3.2.Cara mengukur variabel bebas	8		
	3.3.Cara menyusun tabel pengamatan	10		
	3.4.Cara melakukan perhitungan data	7		
	Sub total	35		
IV	Kualitas Produk Kerja			
	4.1.Hasil perhitungan data	5		
	4.2.Hasil grafik dari data perhitungan	10		
	4.3.Hasil analisis	10		
	4.4.Hasil menyimpulkan	10		
	Sub total	35		
V	Sikap/Etos Kerja			
	5.1.Tanggung jawab	3		
	5.2.Ketelitian	2		
	5.3.Inisiatif	3		
	5.4.Kemandirian	2		
	Sub total	10		
VI	Laporan			
	6.1.Sistematika penyusunan laporan	6		
	6.2.Kelengkapan bukti fisik	4		
	Sub total	10		
	Total	100		

KRITERIA PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Kriteria penilaian	Skor
1	2	3	4
I	Perencanaan		
	1.1.Persiapan alat dan bahan	? Alat dan bahan disiapkan sesuai kebutuhan	2
	1.2.Analisis model susunan	? Merencanakan menyusun model	3
II	Model Susunan		
	2.1.Penyiapan model susunan	? Model disiapkan sesuai dengan ketentuan	3
	2.2.Penentuan data instruksi pada model	? Model susunan dilengkapi dengan instruksi penyusunan	2
III	Proses (Sistematika & Cara kerja)		
	3.1.Prosedur pengambilan data	? Mengukur berat benda di udara dan didalam zat cair	10
	3.2.Cara mengukur variabel bebas	? Tinggi zat cair dalam pipa kapiler, sudut kontak zat cair dengan dinding pipa kapiler ? Kecepatan terminal benda dalam zat cair ? Massa jenis benda dan zat cair ? Melengkapi data pengamatan dan pengukuran dalam tabel ? Langkah menghitung konstanta gaya pegas	8
	3.3.Cara menyusun tabel pengamatan		10
	3.4.Cara melakukan perhitungan data		7
IV	Kualitas Produk Kerja		
	4.1.Hasil perhitungan data	? Perhitungan dilakukan dengan cermat sesuai prosedur	5
	4.2.Hasil grafik dari data perhitungan	? Pemuatan skala dalam grafik dilakukan dengan benar	5
	4.3.Hasil analisis	? Analisis perhitungan langsung dengan metode grafik sesuai/saling mendukung	5

	4.4. Hasil menyimpulkan	? Kesimpulan sesuai dengan konsep teori	10
	4.5. Ketepatan waktu	? Pekerjaan diselesaikan tepat waktu	10
V	Sikap/Etos Kerja		
	5.1. Tanggung jawab	? Membereskan kembali alat dan bahan setelah digunakan	3
	5.2. Ketelitian	? Tidak banyak melakukan kesalahan	2
	5.3. Inisiatif	? Memiliki inisiatif bekerja yang baik	3
	5.4. Kemadirian	? Bekerja tidak banyak diperintah	2
VI	Laporan		
	6.1. Sistematika penyusunan laporan	? Laporan disusun sesuai dengan sistematika yang telah ditentukan	6
	6.2. Kelengkapan bukti fisik	? Melampirkan bukti fisik	4

BAB IV. PENUTUP

Setelah menyelesaikan modul ini, anda berhak untuk mengikuti tes praktik untuk menguji kompetensi yang telah anda pelajari. Apabila anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam modul ini, maka anda berhak untuk melanjutkan ke modul berikutnya, dengan topik sesuai dengan peta kedudukan modul.

Jika anda sudah merasa menguasai modul, mintalah guru/instruktur anda untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaian yang dilakukan oleh pihak dunia industri atau asosiasi profesi yang kompeten apabila anda telah menyelesaikan suatu kompetensi tertentu. Atau apabila anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi yang disediakan dalam modul ini, maka hasil yang berupa nilai dari guru/instruktur atau berupa portofolio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi oleh pihak industri atau asosiasi profesi. Dan selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi tertentu dan apabila memenuhi syarat anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh industri atau asosiasi profesi.

DAFTAR PUSTAKA

Halliday dan Resnick, 1991. ***Fisika jilid 1 (Terjemahan)*** Jakarta: Penerbit Erlangga.

Bob Foster, 1997. ***Fisika SMU***. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Gibbs, K, 1990. ***Advanced Physics***. New York: Cambridge University Press.

Martin Kanginan, 2000. ***Fisika SMU***. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Tim Dosen Fisika ITS, 2002. ***Fisika I***. Surabaya: Penerbit ITS.

Sutresna, N, 2001. ***Kimia SMU***. Jakarta: Grafindo media pratama.