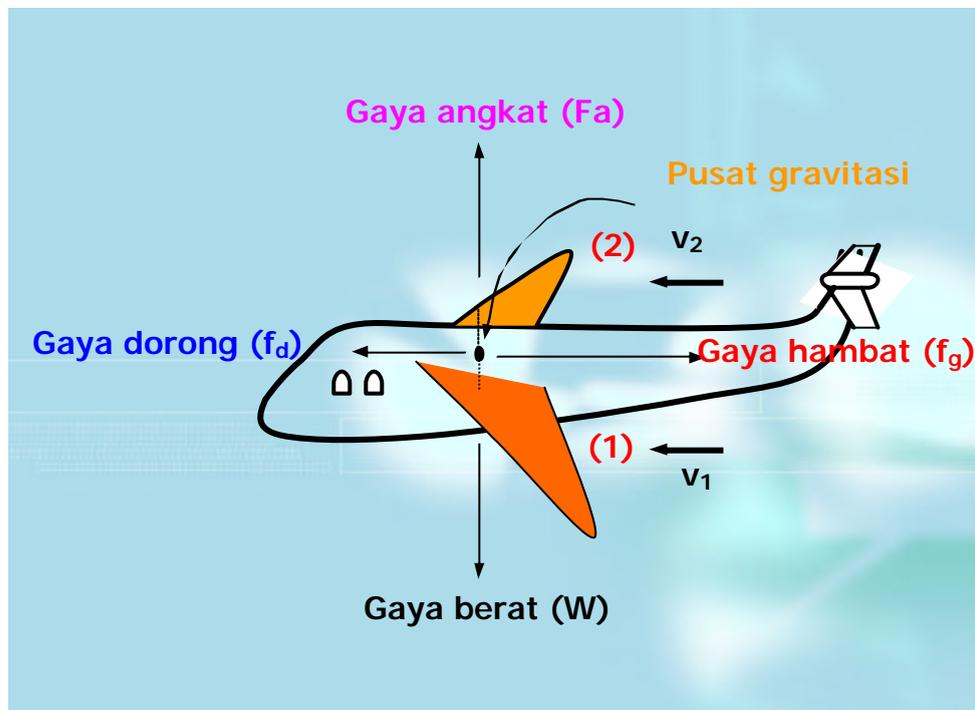


Fluida Dinamis



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

2004

Kode FIS.14

Penyusun
Drs. Munasir, MSi.

Editor:
Section 1.01 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 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, Kimia dan Matematika. 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 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 diklat 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 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, 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 terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul (penulis, editor, tenaga komputerisasi modul, tenaga ahli desain grafis) 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 azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha dan industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang terstandar pada peserta diklat.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Adaptif untuk mata-pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, atau praktisi yang sedang mengembangkan modul pembelajaran untuk SMK.

Jakarta, Desember 2004
a.n. Direktur Jenderal Pendidikan
Dasar dan Menengah
Direktur 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	17
d.	Tugas	18
e.	Tes Formatif	19
f.	Kunci Jawaban	20
g.	Lembar Kerja	21
2	Kegiatan Belajar	22
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran	22
b.	Uraian Materi	22
c.	Rangkuman	35
d.	Tugas	37
e.	Tes Formatif	38
f.	Kunci Jawaban	40
g.	Lembar Kerja	41

III. EVALUASI

A. Tes Tertulis	43
B. Tes Praktik.....	44

KUNCI JAWABAN

A. Tes Tertulis	45
B. Lembar Penilaian Tes Praktik.....	46

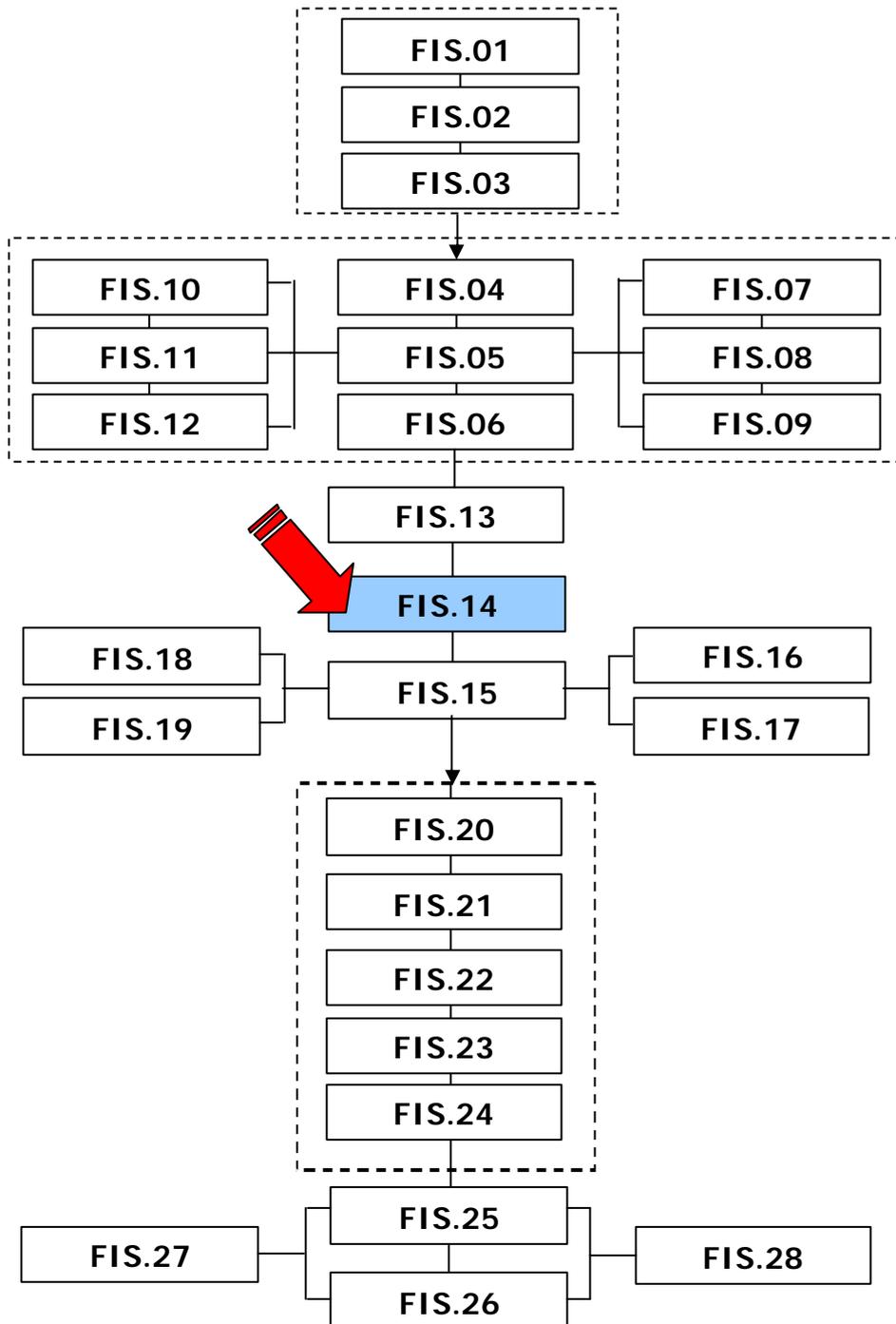
IV. PENUTUP.....

49

DAFTAR PUSTAKA.....

50

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
Fluida ideal	Fluida yang dianggap mempunyai sifat: alirannya tunak, tidak kental, dan tidak termampatkan.
Fluida dinamis	Fluida ideal yang bergerak, memiliki kecepatan aliran.
Aliran non-kompresibel	Aliran fluida yang tidak mengalami perubahan volume, atau dengan kata lain massa jenis fluida tidak berubah selama alirannya.
Aliran non-viskos	Aliran fluida yang tidak mengalami gesekan, partikel-partikel dari fluida tidak mengalami gesekan selama aliran fluida tersebut.
Aliran stasioner	Gaya dibagi dengan luas penampang, besaran skalar dan memiliki satuan N/m^2 (Pa).
Hidrodinamika	Cabang ilmu fisika yang mempelajari dinamika dari fluida yang bergerak (tidak diam).
Garis alir	Aliran fluida yang mengikuti suatu garis (lurus melengkung) yang jelas ujung pangkalnya.
Aliran garis arus (= aliran laminar)	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.
Aliran turbulen	Kebalikan dari aliran jenis laminar, adanya partikel yang bergerak dengan arah yang berlawanan dengan arah laju fluida secara keseluruhan.
Debit	Besaran skalar yang menyatakan volume (V) fluida yang mengalir per satuan waktu (t), $Q = \frac{V}{t}$ (m^3/s).
Persamaan kontinuitas	Massa fluida yang lewat satu bagian dan keluar lewat bagian yang lain dalam pipa adalah sama: $\rho_1 A_1 v_1 t = \rho_2 A_2 v_2 t$ atau $A_1 v_1 = A_2 v_2$.
Azas Bernoulli	Perubahan bentuk plasis. Daerah plastis bahan.
Persamaan Bernoulli	Jumlah dari tekanan (p), energi kinetik per satuan volume ($\frac{1}{2}\rho v^2$) dan energi potensial per satuan volume (ρgh) adalah konstan, atau nilainya sama

	untuk setiap titik sepanjang garis arus.
Teorima Torricelli	Kelajuan aliran fluida yang menyembur keluar dari lubang yang terletak pada jarak h dibawah permukaan atas fluida dalam tangki yang terbuka sama dengan kelajuan yang diperoleh benda jatuh bebas pada ketinggian h , $v = \sqrt{2gh}$.
Tabung Pitot	Alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran gas. Misalnya udara.
Aerofoil	Desain sayap pesawat terbang: bagian belakang lebih tajam, bagian atas lebih melengkung (keatas) dari pada bagian bawahnya.
Monometer	Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan hidrostatik. Lihat monometer pada alat venturimeter.
Venturimeter	Alat untuk mengukur laju aliran fluida (cairan), yang terdiri dari sebuah pipa yang memiliki bagian yang menyempit. Pada prakteknya biasanya ditaruh dalam sebuah pipa yang berisi fluida yang sedang mengalir.

BAB I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Dalam modul ini anda akan mempelajari konsep dasar fluida dinamis yang didalamnya dibahas: konsep fluida ideal, konsep laju aliran fluida, tekanan, debit, konsep kontinuitas pada aliran fluida, energi potensial, azas Bernoulli, aplikasi azas Bernoulli, Hukum Bernoulli dan penerapannya, serta dilengkapi soal-soal sederhana untuk mendukung pemahaman konsep terhadap materi fluida dinamis ini.

B. Prasyarat

Sebagai prasyarat atau bekal dasar agar bisa mempelajari modul ini dengan baik, maka anda diharapkan sudah mempelajari: konsep hukum Newton, konsep momentum, tekanan, konsep energi kinetik dan energi potensial, konsep kekekalan energi, dan fluida statis.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

- a. 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.
- b. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pekerjaan dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan, agar diperoleh hasil yang maksimum.
- c. Pahami setiap konsep yang disajikan pada uraian materi yang disajikan pada tiap kegiatan belajar dengan baik, dan ikuti contoh-contoh soal dengan cermat.

- d. Jawablah pertanyaan yang disediakan pada setiap kegiatan belajar dengan baik dan benar.
- e. Jawablah dengan benar soal tes formatif yang disediakan pada tiap kegiatan belajar.
- f. Jika terdapat tugas untuk melakukan kegiatan praktek, maka lakukanlah dengan membaca petunjuk terlebih dahulu, dan bila terdapat kesulitan tanyakan pada instruktur/guru.
- g. 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 ideal
- ✍ Memahami konsep aliran, kecepatan aliran dan luas penampang
- ✍ Memahami konsep debit
- ✍ Memahami hukum kontinuitas aliran fluida
- ✍ Memahami konsep energi potensial fluida
- ✍ Memahami konsep azas Bernoulli dan aplikasinya
- ✍ Memahami konsep Hukum Bernoulli dan aplikasinya
- ✍ Mengerjakan soal-soal yang berkaitan dengan konsep fluida ideal, debit, laju aliran, energi potensial, azas Bernoulli, hukum Bernoulli dan aplikasinya.
- ✍ Menjelaskan fenomena-fenomena di alam yang berkaitan dengan konsep-konsep di atas.

E. Kompetensi

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

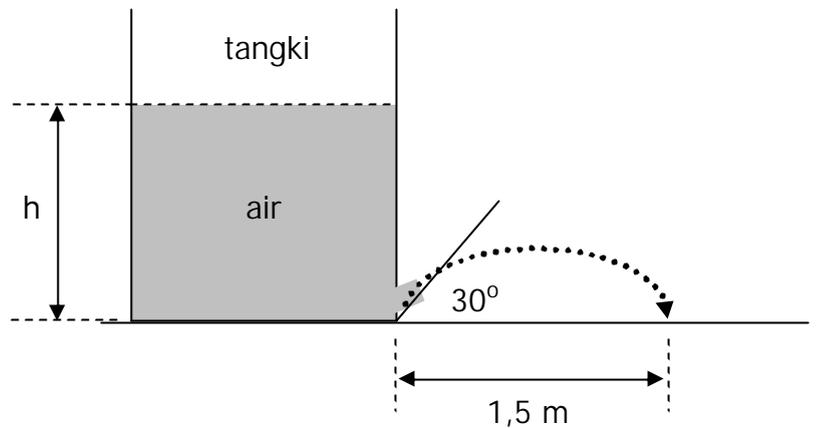
SUB KOMPETENSI	KRITERIA UNJUK KINERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMBELAJARAN		
			SIKAP	PENGETAHUAN	KETERAMPILAN
Memahami konsep dan penerapan dari fluida dinamis	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Mengidentifikasi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Debit 2. Kecepatan aliran 3. Tekanan 4. Azas Bernoulli 5. Persamaan Bernoulli 6. Aplikasi-aplikasi azas dan persamaan Bernoulli: <ul style="list-style-type: none"> - Tekanan Hidrostatika - Teorima Torricelli, - Venturimeter, - Tabung Pitot, - Daya angkat pesawat . 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Fluida ideal ☒ Konsep aliran ☒ Debit ☒ Hukum kontinuitas ☒ Energi Potensial ☒ Azas Bernoulli ☒ Aplikasi azas Bernoulli ☒ Persamaan Bernoulli ☒ Aplikasi persamaan Bernoulli 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Teliti ☒ Cermat ☒ Kritis ☒ Bertanggung jawab 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Pengertian fluida ideal ☒ Konsep debit, kontinuitas aliran ☒ Energi potensial fluida ☒ Azas Bernoulli ☒ Aplikasi Azas Bernoulli ☒ Persamaan Bernoulli ☒ Aplikasi Persamaan Bernoulli (Hidrostatika, Teorima Torricelli, Venturimeter, Tabung Pitot, dan Daya angkat pesawat) 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Praktek konsep aliran fluida ☒ Praktek Azas Bernoulli ☒ Praktek aplikasi persamaan Bernoulli

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. Tinjau suatu aliran fluida yang mengalir melalui sebuah pipa berjari-jari 4 cm dengan kecepatan 5 m/s. Berapakah debit fluida tersebut.
2. Tinjau air mengalir melalui pipa yang berjari-jari 3 cm, dan kemudian dikeluarkan melalui sambungan saluran baru dengan jari-jari 0,6 cm. Jika kecepatan aliran air dalam pipa adalah 5 cm/s, berapakah air yang keluar dari saluran yang baru tersebut.
3. Suatu fluida melalui sebuah pipa berjari-jari 5 cm dengan kecepatan 6 m/s. Tentukan debit fluida tersebut dalam (a) m^3/s dan (b) m^3/jam , dan (c) L/s.
4. Sebuah pompa air 80 W menyedot air dari kedalaman 15 m. Air disalurkan oleh pompa melalui sebuah pipa dan ditampung dalam bak yang berukuran $0,6 \text{ m}^3$. Bak tersebut penuh berisi air setelah dialiri selama 15 menit. Tentukan efisiensi pompa air tersebut.
5. Tinjau sebuah tangki air, memancarkan air keluar lewat lubang pada dasar tangki dengan sudut 30° terhadap lantai. Jika air jatuh pada bidang dasar tangki sejauh 1,5 m dari dinding tangki. Tentukan ketinggian air dalam tangki.
6. Jelaskan bagaimana syarat fluida dianggap sebagai fluida ideal. Apa yang anda ketahui tentang: *Viskositas, kompresibel, dan stasioner*.

7. Air mengalir dengan kecepatan $1,4 \text{ m/s}$ melalui sebuah selang yang diameternya $0,2 \text{ cm}$. Berapakah lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi sebuah bak berbentuk silinder dengan jari-jari 2 m sampai setinggi $1,44 \text{ m}$.



B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 1

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

- ✍ Memahami konsep fluida ideal,
- ✍ Memahami konsep aliran fluida,
- ✍ Memahami konsep debit,
- ✍ Memahami konsep kecepatan aliran fluida,
- ✍ Memahami konsep tekanan,
- ✍ Memahami konsep energi potensial fluida.

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 *laminer (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.

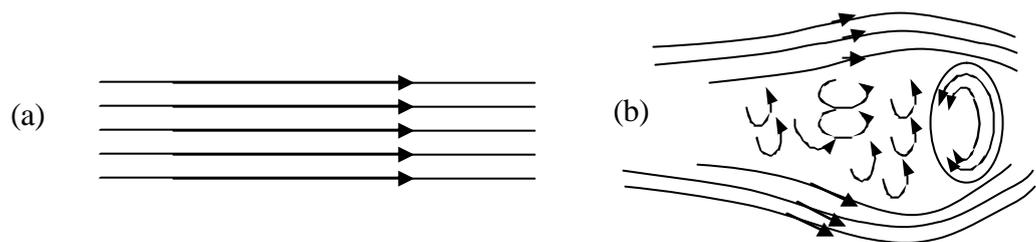
Dengan asumsi, *fluida tidak termampatkan, tidak kental, dan memiliki aliran tunak* inilah kemudian diturunkan semua persamaan yang berkaitan dengan fluida dinamis.

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 /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.



Gambar 1.1. (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:

$$\text{Debit} = \frac{\text{Volume fluida}}{\text{selang waktu}} \text{ atau } Q = \frac{V}{t} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (1.1)$$

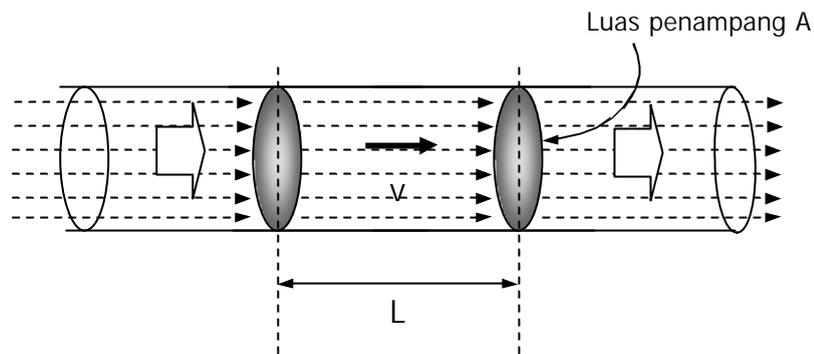
Tinjau: fluida mengalir melalui penampang pipa seluas A dan setelah selang waktu t menempuh jarak S , maka volume fluida adalah $V = A.S$ sedang

jarak $S = v t$ sehingga debit fluida yang mengalir lewat pipa tersebut adalah:

$$Q = A v \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1.2)$$

Dimana: A : luas penampang pipa (m^2)

v : laju aliran (m/s)



Gambar 1.2. Dalam selang waktu t fluida mengalir melalui pipa dengan luas penampang A dengan menempuh panjang lintasan S , debit fluida dinyatakan dengan persamaan (1.2)

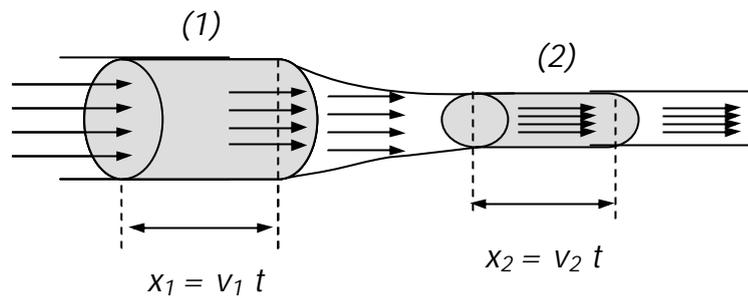
4. Konsep kecepatan aliran fluida

Tinjau *aliran fluida tunak*, massa fluida yang masuk ke satu ujung pipa adalah sama dengan massa fluida yang keluar pada ujung yang lainnya dalam selang waktu yang sama. Ingat pada aliran tunak tidak ada fluida yang keluar melalui dinding-dinding pipa. Tinjau gambar (1.3) aliran fluida pada suatu pipa. Jika ditinjau daerah (1) dan daerah (2) sebagai tempat pengukuran laju fluida dan massa fluida yang mengalir, maka:

- ☞ A_1 dan A_2 adalah luas penampang pipa pada (1) dan (2).
- ☞ ρ_1 dan ρ_2 adalah massa jenis fluida pada (1) dan (2).
- ☞ v_1 dan v_2 adalah laju partikel-partikel fluid pada (1) dan (2).

Selama selang waktu t , fluida pada (1) bergerak kekanan menempuh jarak $x_1 = v_1 t$, dan fluida pada (2) bergerak kekanan menempuh jarak $x_2 = v_2 t$. Sehingga volume fluida yang mengalir masuk lewat (1) pada pipa adalah V_1

= $A_1 x_1 = A_1 v_1 t$, dan volume fluida yang mengalir keluar lewat (2) pada pipa adalah $V_2 = A_2 x_2 = A_2 v_2 t$.



Gambar 1.2 Hukum Kontinuitas aliran

Massa fluida yang masuk pada bagian (1) selama selang waktu t :

$$\begin{aligned}
 m_1 &= \rho_1 V_1 \\
 &= \rho_1 A_1 x_1 \\
 &= \rho_1 A_1 v_1 t
 \end{aligned}
 \tag{1.3}$$

Dengan cara yang sama, massa fluida yang keluar bagian (2) selama selang waktu t :

$$\begin{aligned}
 m_2 &= \rho_2 V_2 \\
 &= \rho_2 A_2 x_2 \\
 &= \rho_2 A_2 v_2 t
 \end{aligned}
 \tag{1.4}$$

Karena massa fluida yang masuk pada bagian (1) sama dengan fluida yang keluar pada bagian (2), maka dari persamaan (1.3) dan (1.4), diperoleh:

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2
 \tag{1.5}$$

Dan persamaan (1.5) dikenal dengan *persamaan kontinuitas*. Karena fluida yang kita bahas adalah fluida tak termampatkan (*non-compressible*), maka massa jenis fluida tidak mengalami perubahan selama perjalanan mengalirnya, dengan kata lain untuk kasus ini berlaku $\rho_1 = \rho_2$, sehingga persamaan (1.5) dapat disederhanakan menjadi:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \dots = \text{konstan}
 \tag{1.6}$$

Jadi pada fluida yang tak termampatkan, berlaku hasil kali luas penampang dengan laju fluida adalah konstan. Dan karena terdahulu telah dinyatakan

bahwa debit fluida $Q = A v$, maka ungkapan lain dari persamaan (1.6) adalah: *Persamaan debit konstan*.

$$Q_1 = Q_2 = \dots = \text{konstan} \quad (1.7)$$

Jadi pada fluida tak termampatkan, berlaku: debit fluida di setiap bagian adalah konstan.

Persamaan kontinuitas pada persamaan (1.6), dapat dimodifikasi menjadi bentuk lain, yaitu:

(1). Perbandingan kecepatan fluida dengan luas penampang:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad (1.8)$$

(2). Perbandingan kecepatan dengan diameter penampang

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \quad (1.9)$$

Jadi kelajuan aliran fluida tak termampatkan berbanding terbalik dengan kuadrat jari-jari atau diameter penampang pipa.

5. Konsep tekanan

Pengertian tekanan

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

$$\text{Tekanan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas}} \text{ atau } p = \frac{F}{A} \quad (1.10)$$

Satuan dan dimensi tekanan

Satuan SI untuk gaya adalah N dan luas adalah m^2 , sehingga sesuai dengan persamaan (1.9), maka:

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

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*), ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$, $1 \text{ atm} = 76 \text{ cm Hg}$, $1 \text{ mb} = 0,001 \text{ bar}$, $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$, $1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} = 1,01 \text{ bar}$).

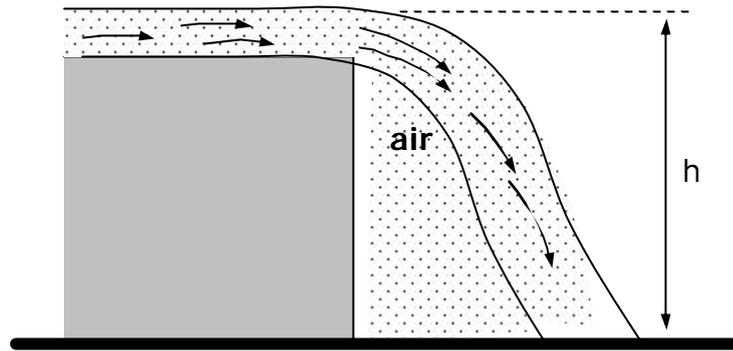
Dalam hal ini perlu dipertegas bahwa istilah tekanan dan gaya jelas berbeda, konsep tekanan dalam fisika (khususnya dalam bahasan fluida: hidrostatis dan hidrodinamika), kedua istilah tersebut menjelaskan besaran yang berbeda dengan karakteristik yang berbeda. Tekanan fluida bekerja tegak lurus terhadap 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.

6. Konsep energi potensial fluida

Tinjau peristiwa air terjun, bagaimana menghitung energi yang dihasilkan oleh air terjun yang mengalir dengan debit Q dari ketinggian h . Dari konsep energi, bahwa massa pada ketinggian h akan mempunyai energi potensial:

$$E_p = mgh \quad (1.11)$$

Begitu juga air yang jatuh dari ketinggian h (*air terjun juga memiliki energi potensial karena dia juga punya massa m*).



Gambar 1.3. Energi potensial fluida

Daya P yang dibangkitkan oleh energi potensial air setinggi h dengan debit air Q adalah:

$$P = \frac{E_p}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{\rho V gh}{t} = \frac{\rho V}{t} gh = Qgh$$

Dimana: ρ adalah massa jenis air.

Contoh soal:

1. Tinjau suatu aliran fluida yang mengalir melalui sebuah pipa berjari-jari 4 cm dengan kecepatan 5 m/s. Berapakah debit fluida tersebut.

Penyelesaian:

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = A \cdot v = \pi r^2 \cdot v$$

$$= 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 5 \text{ m/s}$$

$$= 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Tinjau air mengalir melalui pipa yang berjari-jari 3 cm, dan kemudian dikeluarkan melalui sambungan saluran baru dengan jari-jari 0,6 cm. Jika kecepatan aliran air dalam pipa adalah 5 cm/s, berapakah air yang keluar dari saluran yang baru tersebut.

Penyelesaian:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$
$$\frac{5 \text{ cm/s}}{v} = \frac{(0,6 \text{ cm})^2}{(3 \text{ cm})^2}$$
$$= \frac{4}{100}$$

maka:

$$v = 125 \text{ cm/s} = 1,25 \text{ m/s}$$

3. Jika ditinjau darah dalam tubuh kita ($\rho = 1.055 \text{ kg/m}^3$) mengalir melalui aorta dengan kecepatan $0,36 \text{ m/s}$. Luas penampang aorta sama dengan $0,2 \text{ cm}^2$. (a) berapakah aliran volume dan aliran massa darah dalam aorta. (b) aorta memiliki lubang-lubang yang jumlahnya puluhan ribu pembuluh yang lebih sempit yang mempunyai penampang total $0,28 \text{ cm}^2$. Tentukan kecepatan rata-rata aliran darah dalam cabang-cabang aorta.

Penyelesaian:

- (a). Menentukan laju aliran volume dan laju aliran massa:

$$Q = v \cdot A$$
$$= (0,36 \text{ m/s}) \cdot (0,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2)$$
$$= 7,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

dan,

$$Q = \rho \cdot v \cdot A$$
$$= (1.055 \text{ kg/m}^3) \cdot (0,36 \text{ m/s}) \cdot (0,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2)$$
$$= 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

- (b). Menentukan kecepatan rata-rata aliran darah pada cabang aorta:

$$Q = v \cdot A$$

$$7,2 \cdot 10^{25} \text{ m}^3/\text{s} = v \cdot (0,28 \cdot 10^{24} \text{ m}^2) ,$$

maka :

$$v = \frac{7,2 \cdot 10^{25} \text{ m}^3/\text{s}}{0,28 \cdot 10^{24} \text{ m}^2}$$

$$= 2,57 \text{ m/s}$$

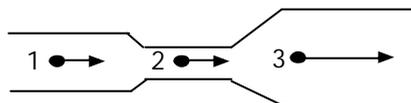
(kecepatan total pada cabang aorta)

sehingga rata-rata laju aliran darah pada cabang aorta:

$$v = \frac{2,57 \text{ m/s}}{10^4} = 2,57 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

4. Tinjau sebuah pipa yang panjang, memiliki tiga penampang yang berbeda (lihat gambar). Luas penampang bagian 1, 2 dan 3 berturut-turut adalah 150 cm^2 , 100 cm^2 , dan 300 cm^2 . Jika kelajuan air yang melalui bagian 1 adalah 10 m/s , tentukan:

- (a). Volume air yang melalui bagian 2 dan 3 per sekon
 (b). Kelajuan air yang melalui bagian 2 dan 3



Penyelesaian:

- (a). $Q = A \cdot v = \text{konstan}$

$$Q = A_1 \cdot v_1 = 150 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot (10 \text{ m/s})$$

$$= 15 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

sehingga volume air yang melewati bagian 2 dan 3 tiap sekon adalah sama, yaitu sebesar: $15 \times 10^{-2} \text{ m}^3$.

(b). $v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{150 \text{ cm}^2}{100 \text{ cm}^2} \cdot 10 \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}$

$$v_3 = \frac{A_1}{A_3} v_1 = \frac{150 \text{ cm}^2}{300 \text{ cm}^2} \cdot 10 \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$$

5. Tinjau air terjun setinggi 20 m dimanfaatkan untuk memutar turbin listrik, sehingga dapat membangkitkan generator dengan daya sebesar 140 kW. Jika efisiensi generator adalah 15 %, tentukan debit air tersebut.

Penyelesaian:

$$P_{Air} = \frac{P_{Listrik}}{15\%}$$

$$P_{Listrik} = 15\% P_{Air}, \text{ sehingga: } \rho Qgh = \frac{140 \cdot 10^3}{0,15}$$

dan debit air Q adalah:

$$Q = \frac{140 \cdot 10^3}{0,15 \cdot gh} = \frac{140 \cdot 10^3}{0,15 (1.000 \text{ kg/m}^3)(10 \text{ m/s}^2)(20 \text{ m})}$$

$$= 4,67 \text{ m}^3/\text{s}$$

6. Sebuah pompa air 80 W menyedot air dari kedalaman 15 m. Air disalurkan oleh pompa melalui sebuah pipa dan ditampung dalam bak yang berukuran 0,6 m³. Bak tersebut penuh berisi air setelah dialiri selama 15 menit. Tentukan efisiensi pompa air tersebut.

Penyelesaian:

$$P_{Listrik} = \rho P_{Air}$$

maka:

$$P_{Air} = \frac{P_{Listrik}}{\rho Qgh}$$

$$= \frac{80 \text{ W}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 15 \text{ m} \cdot \frac{0,6 \text{ m}^3}{15 \cdot 60 \text{ s}}} \cdot 100\%$$

$$= 80\%$$

c. Rangkuman

1. Fluida ideal adalah fluida yang mempunyai tiga sifat dasar: *non kompresibel, aliran laminar, non viscous*.
2. Debit adalah besaran yang menyatakan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang tertentu dalam satuan waktu t tertentu.

$$\text{Debit} = \frac{\text{Volume fluida}}{\text{selang waktu}} \text{ atau } Q = \frac{V}{t}$$

Debit adalah besaran skalar, dengan satuan m^3/s .

2. Persamaan kontinuitas fluida ideal dinyatakan dengan:
 - (a). $A_1 v_1 = A_2 v_2 = \dots = \text{konstan}$
 - (b). $Q_1 = Q_2 = \dots = \text{konstan}$
3. Dan konsekuensi dari persamaan kontinuitas tersebut, dapat diturunkan hubungan matematis baru:

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

$$(b). \frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$$

4. Daya P yang dibangkitkan oleh suatu tenaga air setinggi h dengan debit air Q adalah:

$$P = \frac{Ep}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{V \rho gh}{t} = \frac{V}{t} \rho gh = Q \rho gh$$

5. Dan efisiensi = daya listrik yang dihasilkan dari energi potensial air adalah:

$$P_{\text{Air}} = \frac{P_{\text{Listrik}}}{P}$$

$$= \frac{P_{\text{Listrik}}}{\rho ghQ} = 100 \%$$

d. Tugas

1. Tinjau suatu fluida dialirkan melalui suatu pipa mendatar, maka debit fluida yang melalui penampang sempit sama dengan debit fluida yang melalui penampang besar. Benarkah pernyataan tersebut. Jelaskan.
2. Jelaskan prinsip dari hukum kontinuitas aliran fluida. Dan tuliskan rumusan matematis yang mendukung penjelasan tersebut.
3. Jika fluida mengalir pada sebuah pipa, kemudian mendadak pipanya dipersempit penampangnya, bagaimana kelajuan aliran fluida pada penampang yang dipersempit tersebut.
4. Jelaskan bagaimana syarat fluida dianggap sebagai fluida ideal. Apa yang anda ketahui tentang: *Viscositas, kompresibel, dan stasioner*.
5. Air mengalir dengan kecepatan 1,4 m/s melalui sebuah selang yang diameternya 0,2 cm. Berapakah lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi sebuah bak berbentuk silinder dengan jari-jari 2 m sampai setinggi 1,44 m.
6. Tinjau sebuah pipa yang memiliki dua penampang yang berbeda, yaitu penampang A sebesar 4 cm^2 dan penampang B sebesar 2 cm^2 . Jika pipa tersebut terletak pada posisi mendatar dan penuh berisi air, dan diketahui kecepatan air pada penampang A adalah 0,2 m/s. (a) berapa kecepatan aliran air pada penampang B, (b) berapa debit air yang lewat pada penampang A dan B.
7. Tinjau sebuah pipa dengan jari-jari 15 mm dihubungkan pada tiga buah pipa kecil yang jari-jarinya masing-masing 7,5 mm, jika kelajuan pada pipa besar adalah 3 m/s, berapakah kelajuan pada pipa-pipa kecil tersebut.
8. Sejumlah 4,25 liter perdetik keluar dari selang bensin, dengan kelajuan 50 cm/s. Tentukan jari-jari penampang mulut selang.
9. Daya keluaran jantung seorang petinju selama melakukan aktivitas berat adalah 9,0 W. Jika tekanan darah meningkat menjadi 30 kPa ketika darah mengalir melalui jantung atlet, tentukan laju aliran darah (liter/s).

10. Air yang mengalir keluar dari sebuah pipa dengan kecepatan 6 m/s digunakan untuk mengisi suatu wadah berukuran 40 cm x 50 cm x 160 cm. Jika diketahui luas penampang pipa adalah $0,9 \text{ cm}^2$, berapa waktu yang dibutuhkan hingga wadah tersebut penuh berisi air.

e. Tes Formatif

- a. 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 h .
- b. 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 $0,8 \text{ cm}^2$, berapa waktu yang dibutuhkan hingga wadah tersebut penuh berisi air.
- c. Tinjau sebuah pipa berbentuk leher botol, jika diameter penampang D_1 adalah 5 kali diameter penampang D_2 dan kelajuan aliran air dalam penampang kecil adalah 81 m/s, tentukan kelajuan aliran air pada penampang besar.
- d. 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.
- e. Tinjau sebuah selang menyembrotkan air vertikal keatas, sehingga air mencapai ketinggian 5 m. Jika luas ujung selang adalah $0,5 \text{ cm}^2$, tentukan: (a) debit air yang keluar dari selang, (b) volume air yang keluar dari selang selama 0,5 menit.
- f. Tinggi permukaan air pada tangki adalah 1,44 m, jika tangki mengalami kebocoran pada ketinggian 90 cm dari dasar tangki. Maka seberapa jauh air tersebut jatuh dari tangki.

- g. 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.
- h. Sebuah tangki berisi air diletakkan di tanah. Tinggi permukaan air dar 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.
- i. Tinjau sebuah akuarium yang diisi air melalui sebuah keran yang debitnya 0,4 liter per sekon. Jika terdapat lubang yang luasnya $0,2 \text{ cm}^2$ tepat didasar kaca akuarium. Perkirakan berapa tinggi maksimum air yang dapat diisikan pada akuarium.
- j. Tinjau air terjun dengan ketinggian 125 m, debit air $200 \text{ m}^3/\text{s}$ digunakan untuk memutar generator listrik, dan jika hanya 20 % energi air yang diubah menjadi energi listrik maka tentukan daya keluaran dari generator listrik.

f. Kunci Jawaban

1. $h = 20 \text{ m}$
2. $t = 800 \text{ s}$
3. $v = 3,25 \text{ m/s}$
4. $Q = 12 \text{ L/s}$
5. $Q = 0,1 \text{ L/s}$ dan $V = 3 \text{ L}$
6. $x = 20 \text{ m}$
7. $\frac{x_1}{x_2} ? \frac{3}{17}$
8. $v ? \sqrt{30} \text{ m/s}$
9. $h = 20 \text{ m}$
10. $P = 50 \text{ Watt}$

g. Lembar Kerja

Memahami aplikasi hukum kontinuitas aliran fluida.

Pembuktian bahwa untuk penampang selang lebih sempit, maka laju aliran semakin besar, dan sebaliknya.

1) Bahan: Air PAM (mengalir)

2) Alat

✍ Selang air 1 (dengan penampang luas A_1)

✍ Selang air 2 (dengan penampang luas A_2)

✍ Penggaris

3) Langkah kerja

1. Atur posisi selang air secara horisontal
2. Alirkan air dalam selang dari sumber air PAM
3. Amati kelajuan air yang keluar diujung selang
4. Hitung debit air
5. Tentukan kecepatan air yang keluar dari ujung selang
6. Apa kesimpulan anda untuk dua jenis selang yang berbeda.

2. Kegiatan Belajar 2

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

- ✍ Memahami konsep azas Bernoulli
- ✍ Memahami konsep hukum Bernoulli dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari

b. Uraian Materi

1. Azas Bernoulli

Dasar dari azas Bernoulli adalah: Bagaimana tekanan pada ketinggian yang sama untuk fluida yang bergerak?

Dari konsep *fluida statis* diperoleh bahwa tekanan fluida sama pada setiap titik yang memiliki ketinggian yang sama. Dan dari konsep *fluida dinamis* diperoleh bahwa banyaknya fluida yang mengalir melalui pipa kecil maupun besar adalah sama.

Dari kedua konsep diatas, diperoleh bahwa aliran fluida pada pipa kecil kecepatannya lebih besar dibanding aliran fluida pada pipa besar. Dan tekanan fluida paling besar terletak pada bagian yang kecepatan alirannya paling kecil, dan tekanan paling kecil terletak pada bagian yang kelajuannya paling besar. Pernyataan ini dikenal dengan Azas Bernoulli.

Jadi pertanyaan di atas, bisa dijawab, yakni besarnya tekanan disamping bergantung pada luas penampang, ketinggian, juga bergantung pada kecepatan aliran fluida.

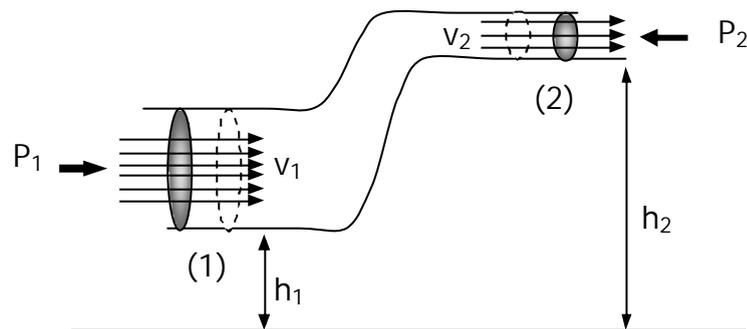
Contoh:

Tinjau dua perahu motor atau dua mobil yang beriringan bergerak bersama-sama, maka kecenderungan yang terjadi adalah benturan antar keduanya, kenapa tidak sebaliknya?

Karena kecepatan fluida (air) diantara kedua perahu motor atau kecepatan fluida (udara) diantara kedua mobil relatif lebih besar dibandingkan dengan kecepatan fluida diluar keduanya, sehingga tekanan yang terjadi diantara keduanya lebih rendah dibandingkan dengan tekanan fluida disisi-sisi lain kedua perahu motor atau mobil. Sehingga kecenderungan yang paling kuat adalah gaya dorong kedalam, sehingga mengakibatkan benturan antar keduanya.

Anda bisa mengamati dan menjelaskan peristiwa lainnya, seperti: aliran air yang keluar dari keran, lintasan melengkung baseball yang sedang berputar, dan pancaran air pada selang yang ujungnya dipersempit.

a. Hukum Bernoulli



Gambar. 2.1 Aliran fluida dalam pipa (penurunan persamaan Bernoulli)

Tinjau ilustrasi pada gambar 2.1 diatas, maka berdasarkan konsep: usaha-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:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (2.1)$$

dan atau,

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{konstan} \quad (2.2)$$

Dimana:

$$\frac{1}{2} \rho v^2 : \text{energi kinetik persatuan volume}$$

$$\frac{1}{2} \rho gh : \text{energi potensial persatuan volume}$$

Jadi persamaan Bernoulli menyatakan bahwa jumlah dari tekanan, energi kinetik per satuan volume, dan energi potensial persatuan volume memiliki nilai yang sama pada setiap titik sepanjang suatu garis arus.

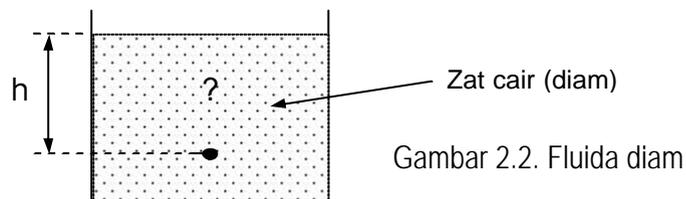
2. Aplikasi Hukum Bernoulli

1. *Fluida Tak Bergerak*

Jika dilakukan pendekatan untuk kasus fluida diam ($v_1 = v_2 = 0$), maka persamaan Bernoulli (2.2), menjadi:

$$p_1 + \rho g h_2 = p_2 + \rho g h_1 \quad (2.3)$$

Persamaan (2.3) adalah bentuk lain dari persamaan hidrostatis, yang dibahas pada topik bahasan fluida statis: $p = \rho gh$.



2. Fluida mengalir dalam pipa mendatar

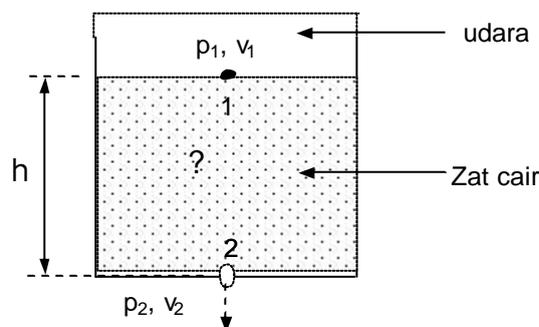
Jika dilakukan pendekatan untuk kasus fluida mengalir dalam pipa mendatar ($h_1 = h_2$), maka persamaan Bernoulli (2.2), menjadi:

$$p_1 + p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 = v_1^2 \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) menyatakan bahwa jika v_2 lebih besar dari v_1 maka p_1 lebih besar dari p_2 , $v_2 > v_1$, maka $p_1 > p_2$. Jadi secara fisis menunjukkan bahwa jika kecepatan aliran fluida disuatu tempat besar maka tekanan fluida ditempat itu rendah, dan berlaku untuk kasus sebaliknya, ini dikenal dengan *azas Bernoulli*.

3. Teorema Torricelli

Tinjau sebuah bejana tertutup dengan luas penampang besar A_1 berisi zat cair dengan ketinggian h dari dasar bejana. Jika pada dasar bejana dilubangi dengan luas penampang lubang A_2 sangat kecil ($A_2 \ll A_1$).



Gambar 2.2. Ilustrasi teorema Torricelli

Dengan titik acuan pada dasar bejana, maka $h_2 = 0$, dan karena lubang (titik 2) berhubungan langsung dengan udara, maka $p_2 = p_0$ (tekanan udara). Jadi pada teorema Torricelli ini dilakukan pendekatan terhadap persamaan Bernoulli (2.2) dengan: (1) $A_2 \ll A_1$, sehingga $v_2 \gg v_1$, $h_1 = h$ dan $h_2 = 0$, dan (2) $p_2 = p_0$. Sehingga diperoleh rumusan Torricelli, sebagai berikut:

$$v_2 = \sqrt{2 \frac{p_1 - p_0}{\rho} + gh} \quad (2.5)$$

Jika beda tekanan pada titik (1) P_1 dan tekanan pada titik (2) P_2 tidak ada, dengan kata lain $P_1 = P_2 = P_0$ (tutup bejana juga terbuka ke atmosfer), maka persamaan (2.5) menjadi:

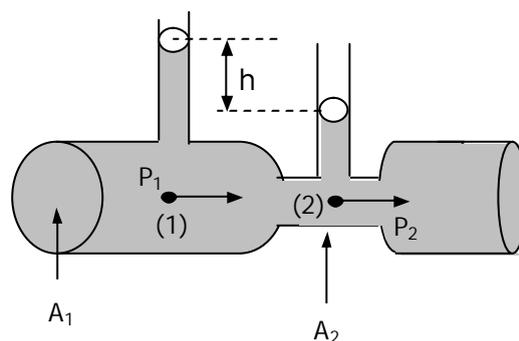
$$v_2 = \sqrt{2gh} \quad (2.6)$$

Jadi kecepatan zat cair yang keluar dari lubang bocoran bejana tertutup yang berisi zat cair dengan ketinggian permukaan h , sama seperti kecepatan benda jatuh bebas dari ketinggian h .

4. 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 monometer* dan *venturimeter dilengkapi dengan monometer*.

a. *Venturimeter tanpa monometer*



Gambar 2.3 Venturimeter tanpa monometer

Tinjau ilustrasi sederhana venturimeter tanpa monometer seperti tampak pada gambar 2.3, akan ditentukan kelajuan zat cair v_1 , dinyatakan

dengan besaran: h , A_1 dan A_2 . Zat cair yang diukur kecepatannya mengalir pada titik yang tidak mempunyai perbedaan ketinggian ($h_2 - h_1 = 0$), maka dengan meninjau persamaan Bernoulli, diperoleh:

$$p_1 + p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 = \frac{1}{2} \rho v_1^2 \quad (2.6)$$

Dan dari persamaan kontinuitas, diperoleh:

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 \quad (2.7)$$

Dan perbedaan tekanan zat cair pada titik (1) dan titik (2) sama dengan tekanan hidrostatis karena selisih ketinggian zat cair dalam tabung vertikal h , yaitu:

$$p_1 - p_2 = \rho gh \quad (2.8)$$

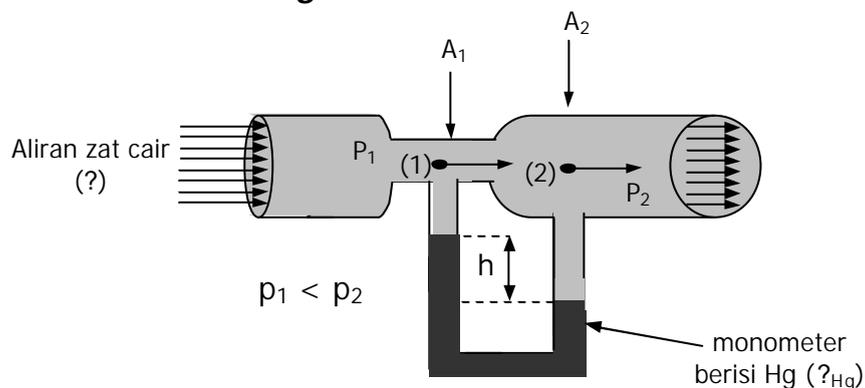
Sehingga dengan memodifikasi persamaan (2.6), (2.7), dan (2.8) diperoleh laju aliran zat cair:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2}} \quad (2.9)$$

atau

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \quad (2.10)$$

b. Venturimeter dengan monometer



Gambar 2.3 Venturimeter dengan monometer

Zat cair dengan massa jenis ρ yang diukur kecepatannya mengalir pada titik yang tidak mempunyai perbedaan ketinggian ($h_2-h_1=0$), maka dengan meninjau persamaan Bernoulli, diperoleh:

$$p_2 + p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (2.11)$$

Dan dari persamaan kontinuitas, diperoleh:

$$v_1 = \frac{A_2}{A_1} v_2 \quad (2.12)$$

Dan perbedaan tekanan zat cair pada titik (1) dan titik (2) sama dengan tekanan hidrostatis karena selisih ketinggian zat cair dalam tabung vertikal h , yaitu:

$$p_2 - p_1 = \rho_{Hg} gh \quad (2.13)$$

Sehingga dengan memodifikasi persamaan (2.6), (2.7), dan (2.8) diperoleh laju aliran zat cair:

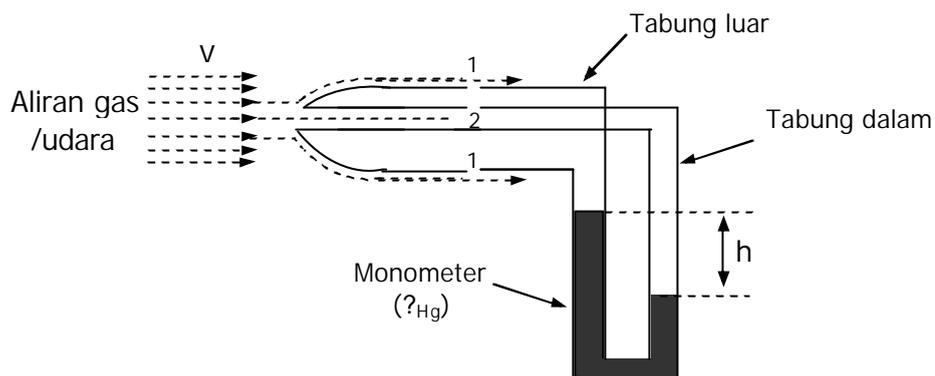
$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \rho_{Hg} gh}{\rho \left(1 - \frac{A_1^2}{A_2^2} \right)}} \quad (2.14)$$

atau

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \rho_{Hg} gh}{\rho \left(\frac{A_2^2}{A_1^2} - 1 \right)}} \quad (2.15)$$

5. 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).



Gambar 2.4. Bagan sederhana dari Tabung Pitot

Pendekatan: 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, diperoleh:

$$p_2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 - \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (2.16)$$

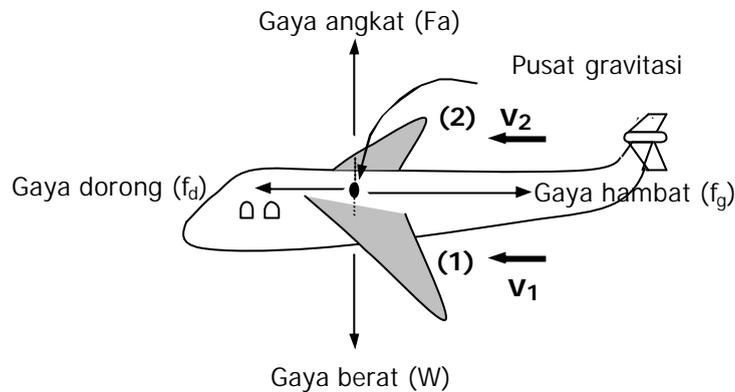
dan beda tekanan titik (2) dan (1) karena terjadinya perbedaan ketinggian zat cair/Hg pada monometer sama dengan tekanan hidrostatis:

$$p_2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho_{Hg} gh \quad (2.17)$$

Jadi, dengan modifikasi persamaan (2.16) dan (2.17), akan diperoleh kelajuan gas/udara:

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_{Hg} gh}{\rho}} \quad (2.18)$$

6. Gaya angkat sayap pesawat terbang



Gambar. 2.5 Gaya-gaya yang bekerja pada pesawat terbang

Ada empat macam gaya yang bekerja pada sebuah pesawat terbang yang sedang mengalami perjalanan di angkasa (lihat gambar 2.5), 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:

$$F_1 - F_2 = F_a = \rho_1 - \rho_2 \cdot A \\ = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) A \quad (2.19)$$

Dari persamaan (2.19), tampak bahwa semakin besar laju pesawat, maka gaya angkat pesawat semakin besar, A adalah luas penampang total sayap dan ρ = massa jenis udara.

- ✍ Syarat agar pesawat bisa terbang, maka gaya angkat pesawat (F_a) harus lebih besar dari gaya berat ($W=mg$), $F_a > mg$. 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 ($F_a = mg$).

Contoh Soal:

- a. 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.

Penyelesaian:

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2}$$

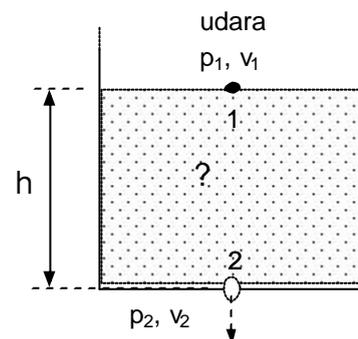
$$= 2\sqrt{10} \text{ m/s}$$

$$Q = v_2 \cdot A_2 = 2\sqrt{10} \cdot 2 \cdot 10^{-5}$$

$$= 12,65 \text{ m}^3/\text{s}$$

massa air yang keluar tiap menit:

$$Q = \frac{Q}{t} = 0,759 \text{ kg/menit}$$



- b. Laju aliran gas dalam pipa dapat diukur dengan menggunakan *Tabung Pitot*. Bila diketahui beda ketinggian air raksa dalam monometer adalah 30 mm. Jika massa jenis gas adalah $3,69 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, dan massa jenis Hg = $13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, maka: (a) Tulis rumus kecepatan aliran gas dan (b) berapa besar laju v gas tersebut.

Penyelesaian:

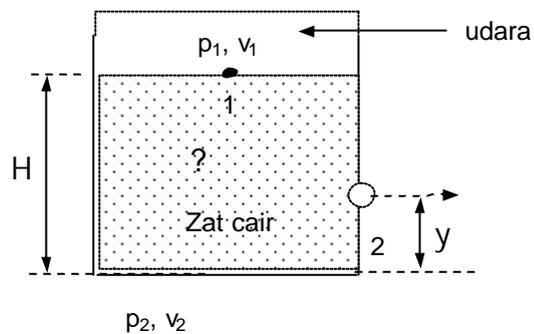
(a). Lihat persamaan (2.16 s.d 2.18), maka: $v_2 = \sqrt{\frac{2 \rho_{Hg} h}{\rho}}$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \rho_{Hg} h}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 13,6 \cdot 10^3 \cdot 0,03}{3,69 \cdot 10^3}}$$

(b). $= 0,47 \text{ m/s}$

- c. 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.

Penyelesaian:



(a). Dengan menggunakan persamaan Bernoulli, maka:

$$v_2 = \sqrt{2g(H - y) + \frac{p_1 - p_o}{\rho}} = 8,89 \text{ m/s}$$

(b). $v_2 = v = \sqrt{2g(H - y)} = 6,63 \text{ m/s}$

- d. 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 $10,5 \times 10^4$ 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.

Penyelesaian:

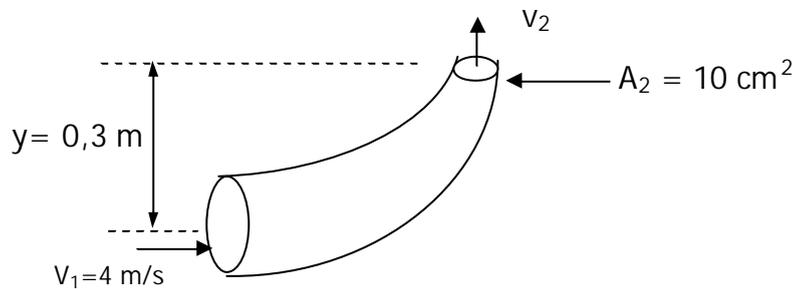
(a). Gunakan hubungan: 1. $v_1 = \frac{A_2}{A_1} v_2$

2. $p_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$

maka diperoleh: $v_2 = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho(1 - \frac{1}{4})}} = 16,73 \text{ m/s}$

(b). Dan: $h = \frac{p_1 - p_2}{\rho_{Hg} g} = 0,79 \text{ m}$

e. Tinjau air mengalir keatas melalui pipa (lihat gambar) dengan laju aliran 30 L/s. Jika air memasuki ujung pipa dengan kecepatan 4,0 m/s. tentukan beda tekanan diantara kedua ujung pipa tersebut.



Penyelesaian:

Gunakan persamaan kontinuitas: $v_2 = \frac{Q}{A_1} = 30 \text{ m/s}$

dan persamaan Bernoulli: $p_1 + p_2 + \frac{1}{2} \rho (v_2^2 + v_1^2) = \rho g y$
 $= 4,45 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

- f. Sebuah sayap sebuah pesawat terbang memiliki luas permukaan 40 m^2 . Jika kelajuan aliran udara diatas pesawat adalah β kali kelajuan udara di bawah pesawat yang kelajuannya v . (a) tentukan gaya angkat pesawat per satuan luas, (b) Jika massa jenis udara $1,2 \text{ kg/m}^3$, $\beta = 1,2$, massa pesawat 300 kg , percepatan gravitasi bumi $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka laju *takeoff* minimal berapa.

Penyelesaian:

- (a). Gunakan persamaan Bernoulli, dengan pendekatan:

$$p_1 + p_2 + \frac{F_a}{A} + \frac{1}{2} \rho (v_2^2 + v_1^2), \text{ maka :}$$

$$F_a + \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 + v_1^2)$$

karena $v_2 = n v_1$, maka: (gaya angkat pesawat)

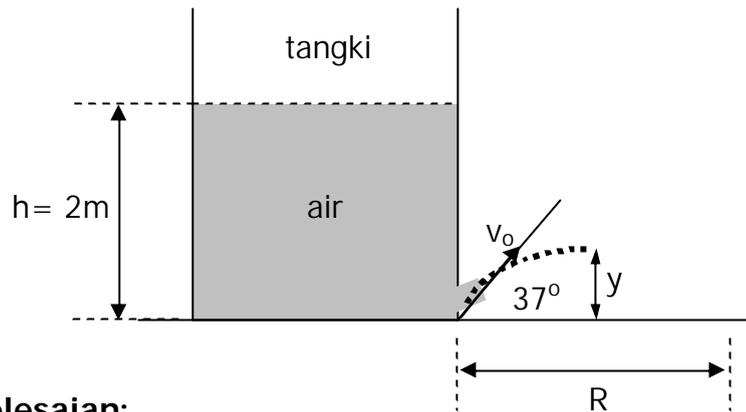
$$F_a = \frac{1}{2} \rho A v^2 (n^2 + 1)$$

- (b). Menentukan kecepatan laju minimal untuk *takeoff* pesawat

Syarat minimal adalah: $F_a = W$, maka:

$$v = v_2 = \sqrt{\frac{2mg}{\rho A (n^2 + 1)}} = 16,86 \text{ m/s}$$

- g. Tinjau sebuah tangki air, memancarkan air keluar lewat lubang pada dasar tangki dengan sudut 30° terhadap lantai. Jika air jatuh pada bidang dasar tangki sejauh $1,5 \text{ m}$ dari dinding tangki. Tentukan ketinggian air dalam tangki.



Penyelesaian:

Dengan menggunakan persamaan Bernoulli dan kinematika gerak parabola, dengan meninjau persoalan seperti pada gambar, maka:

1. $v_0 = \sqrt{2gh} = 2\sqrt{10} \text{ m/s}$
2. $y = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g} = 0,724 \text{ m}$, dan
3. $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g} = 38,45 \text{ m}$

c. Rangkuman

1. *Azas Bernoulli* menyatakan bahwa: pada pipa mendatar, tekanan paling besar adalah pada bagian yang kelajuan aliran fluidanya paling kecil, dan sebaliknya tekanan paling rendah terjadi pada bagian yang kelajuannya paling besar.
2. *Persamaan Bernoulli* menyatakan bahwa: jumlah dari tekanan, energi kinetik per satuan volume, dan energi potensial persatuan volume memiliki nilai yang sama pada setiap titik sepanjang suatu garis arus. Dan dinyatakan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{konstan}$$

3. Dari *Persamaan Bernoulli*, jika dilakukan pendekatan untuk kasus fluida diam ($v_1 = v_2 = 0$), maka persamaan Bernoulli menjadi (*seperti tekanan hidrostatik*).

$$p_1 + \rho g h_2 = p_2 + \rho g h_1$$

4. Dari *Persamaan Bernoulli*, jika dilakukan pendekatan untuk kasus fluida mengalir dalam pipa mendatar ($h_1 = h_2$), maka persamaan Bernoulli, menjadi:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_1^2$$

Dan ini dikenal dengan *azas Bernoulli*.

5. Kecepatan zat cair yang keluar dari lubang bocoran bejana tertutup yang berisi zat cair dengan ketinggian permukaan h , sama seperti kecepatan benda jatuh bebas dari ketinggian h .

$$v_2 = \sqrt{2 \frac{p_1 - p_0}{\rho} + gh} \quad \square \quad v_2 = \sqrt{2gh}$$

6. Laju aliran cairan dalam tabung yang diukur dengan *venturimeter tanpa monometer*:

$$v_1 = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1}} \quad \text{atau} \quad v_2 = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 - \frac{A_2^2}{A_1^2}}}$$

7. Laju aliran cairan dalam tabung yang diukur dengan *venturimeter yang dilengkapi dengan monometer* yang berisi air raksa (Hg):

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_{Hg} gh}{\rho}}$$

8. Besarnya gaya angkat pesawat, bergantung pada desain sayap pesawat. Desain pesawat harus sedemikian, misalnya model aerofoil, sehingga dihasilkan laju aliran udara diatas pesawat sangat besar dibanding laju aliran udara dibawah pesawat, sehingga gaya angkatnya besar. Gaya angkat pesawat diturunkan dari persamaan Bernoulli:

$$F_1 + F_2 + F_a = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + v_1^2 A$$

d. Tugas

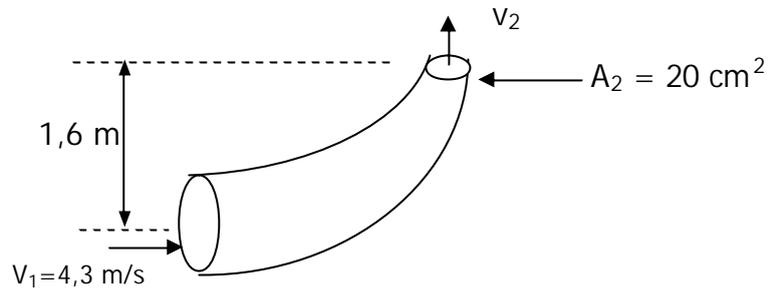
- 1). Bila angin keras bertiup kenapa jendela yang terbuka sebaiknya dibiarkan terbuka, jelaskan dengan menggunakan azas Bernoulli
- 2). Sebuah gelas berisi air, jika dekat dengan dasar gelas diberi lubang, dan air mulai keluar. Jika gelas tersebut dijatuhkan bebas, air tidak keluar dari lubang. Coba jelaskan.
- 3). Laju semburan air yang keluar dari lubang yang terletak di kedalaman h dari permukaan air dalam bejana adalah sama besar dengan kecepatan benda jatuh bebas, $v = \sqrt{2gh}$. (*teorema Torricelli*) Bisakah anda menjelaskan.
- 4). Berikan 2 contoh alat yang cara kerjanya menggunakan konsep dasar persamaan Bernoulli. Jelaskan masing-masing contoh tersebut.
- 5). Bagaimana anda bisa menjelaskan, kenapa pesawat bisa terbang (di angkasa), mengatur ketinggian dan bagaimana pesawat turun kembali (di bumi).
- 6). Pada saat pesawat akan tinggal landas (terbang), apakah sebaiknya pesawat menantang arah angin atau searah dengan arah angin. Jelaskan.
- 7). Debit air melalui sebuah pipa air adalah 2000 L/s. Jika luas pipa utama dan pipa yang menyempit pada sebuah venturimeter masing-masing adalah 40 cm^2 dan 40 mm^2 . Jika massa jenis air raksa = $13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ dan $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukan ; (a) kelajuan air pada pipa utama dan menyempit, (b) beda tekanan air antara kedua pipa tersebut, dan (c) beda ketinggian air raksa(Hg) dalam pipa monometer.

- 8). Tinjau sebuah tabung pitot digunakan untuk mengukur laju aliran suatu gas dalam sebuah pipa dan diperoleh $v = 20\sqrt{2}$ m/s. Jika dianggap $g = 10 \text{ m/s}^2$ dan beda ketinggian kaki monometer 4 cm, massa jenis Hg = $13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, berapa massa jenis gas tersebut.
- 9). Tinjau sebuah pesawat terbang yang bergerak dengan kecepatan tertentu. Jika diketahui daya angkat terhadap pesawat tersebut adalah 100.000 N, dan luas total sayap $A = 60 \text{ m}^2$, massa jenis udara $1,3 \text{ kg/m}^3$, dan kecepatan udara dibawah pesawat 250 m/s. Tentukan laju udara persis diatas pesawat.
- 10). Jelaskan bagaimana prinsip kerja dari: penyemprot parfum dan penyemprot serangga. Apa perbedaannya.

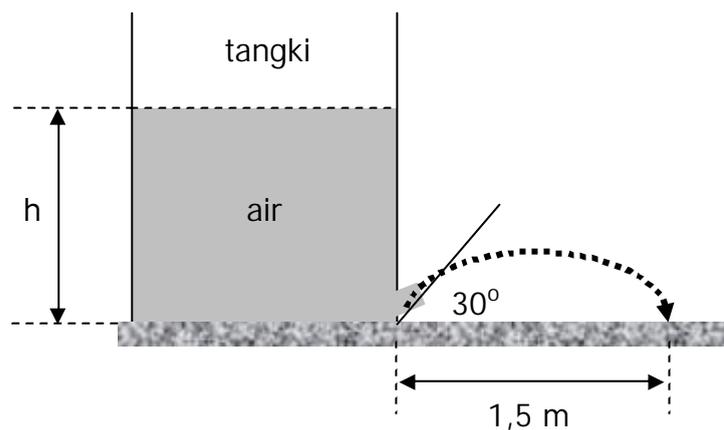
e. Tes Formatif

1. Laju aliran gas dalam pipa dapat diukur dengan menggunakan *Tabung Pittot*. Bila diketahui beda ketinggian air raksa dalam monometer 20 mm. Jika massa jenis gas adalah $8,69 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, dan massa jenis Hg = $13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, maka: (a) tulis rumus kecepatan aliran gas dan (b) berapa besar laju v gas tersebut.
2. Sebuah wadah diisi dengan air hingga kedalaman $y = 2,4 \text{ m}$. wadah tersebut ditutup dengan kuat, tapi diatas air masih ada ruang udara dengan tekanan $1,37 \times 10^5 \text{ Pa}$. Jika sebuah lubang terdapat pada wadah terletak pada ketinggian 0,8 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 $12,5 \times 10^4$ Pa, dan jika luas penampang pipa utama dan menyempit masing-masing $2 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ dan $0,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$. Tentukan: (a) kelajuan air yang mengalir pada pipa yang menyempit, (b) debit air yang lewat pipa yang menyempit, dan (c) berapa beda ketinggian kedua kaki monometer.
4. Sebuah sayap sebuah pesawat terbang memiliki luas permukaan 36 m^2 . Jika kelajuan aliran udara diatas pesawat adalah β kali kelajuan udara dibawah pesawat yang kelajuannya v . (a) tentukan gaya angkat pesawat persatuan luas, (b) Jika massa jenis udara $1,0 \text{ kg/m}^3$, $\beta = 1,1$, massa pesawat 300 kg , percepatan gravitasi bumi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, maka laju *takeoff* minimal berapa.
 5. Air mengalir dengan kecepatan $0,6 \text{ m/s}$ melalui sebuah selang berdiameter 3 cm . Selang ini terletak mendatar. Tentukan: (a) debit massa air, (b) kecepatan air yang keluar dari ujung selang jika diameternya $0,3 \text{ cm}$, (c) tekanan absolut air dalam selang jika tekanan ujung-ujung selang sama dengan tekanan atmosfer.
 6. Tinjau sebuah tangki air terbuka memiliki kedalaman $1,6 \text{ m}$, 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.
 7. Suatu fluida melalui sebuah pipa berjari-jari 5 cm dengan kecepatan 6 m/s . Tentukan debit fluida tersebut dalam (a) m^3/s dan (b) m^3/jam , dan (c). L/s .
 8. Tinjau sebuah tangki berisi solar dengan tekanan $4,0 \text{ bar}$. Dengan mengabaikan beda ketinggian antara solar dan keran, tentukan kelajuan solar ketika keluar dari keran. Massa jenis solar $7,8 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$. ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$).
 9. Tinjau air mengalir keatas melalui pipa (lihat gambar) dengan laju aliran 16 L/s . Jika air memasuki ujung pipa dengan kecepatan $4,0 \text{ m/s}$. tentukan beda tekanan diantara kedua ujung pipa tersebut.



10. Tinjau sebuah tangki air, memancarkan air keluar lewat lubang pada dasar tangki dengan sudut 30° terhadap lantai. Jika air jatuh pada bidang dasar tangki sejauh 1,5 m dari dinding tangki. Tentukan ketinggian air dalam tangki.



f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. (a). $v = \sqrt{\frac{2 \rho_{Hg} g h}{\rho}}$, (b). $v = 0,25 \text{ m/s}$
2. (a). $v = 8,25 \text{ m/s}$, (b). $v = 5,66 \text{ m/s}$
3. (a). $v_2 = 11,55 \text{ m/s}$, (b). $Q = 577,5 \text{ m}^3/\text{s}$,
4. (c). $h = 0,93 \text{ m}$
5. (a). $F_a = \frac{1}{2} \rho A v^2$, (b). $v = 27,89 \text{ m/s}$
6. (a). $0,424 \text{ L/s}$, (b). $v = 59,98 \text{ m/s}$, (c). 30.000 N/m^2

7. $\dot{Q} = 136,76 \text{ kg/menit}$
8. (a) $0,047 \text{ m}^3/\text{s}$, (b). $169,65 \text{ m}^3/\text{jam}$, (c). 47 L/s
9. $v = 2,768 \text{ m/s}$
10. $p_1 - p_2 = 38.755 \text{ Pa}$
11. $h = 0,616 \text{ m}$

g. Lembar Kerja

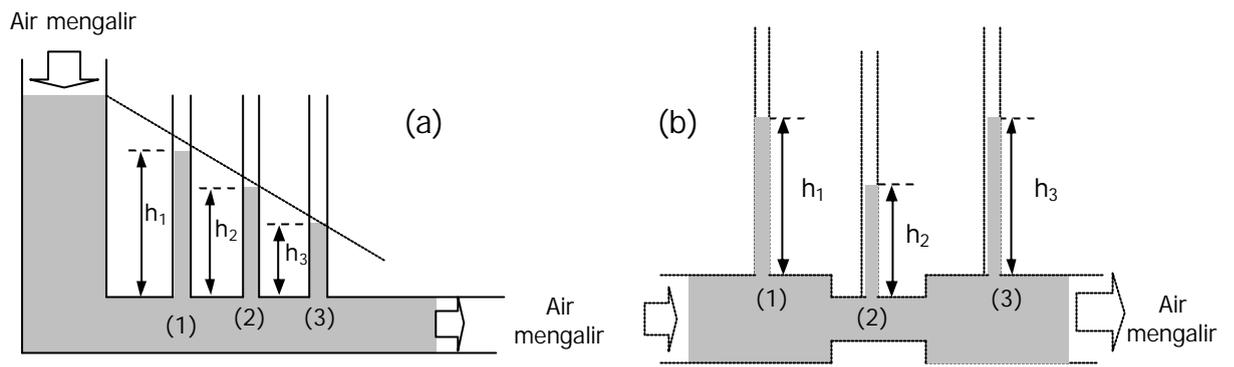
Memahami konsep Azas Bernoulli:

Pembuktian bahwa tekanan fluida pada ketinggian yang sama adalah berbeda. Dan tekanan fluida besar pada daerah dengan fluida kelajuan rendah.

1. Bahan
 - ✍ Zat cair (mengalir)

2. Alat
 - ✍ Pipa gelas mendatar dengan luas penampang serba sama (lihat gambar 1.4 a)
 - ✍ Pipa gelas dengan luas penampang tidak sama (lihat gambar 1.4 b)
 - ✍ Penggaris

3. Langkah kerja
 1. Atur posisi pipa gelas agar horisontal
 2. Alirkan air dalam pipa
 3. Amati ketinggian air dalam masing-masing gelas vertikal
 4. Catat ketinggian air dalam gelas vertikal
 5. Simpulkan hasil pengamatan anda.



Gambar1.4 Azas Bernoulli

BAB III. EVALUASI

A. Tes Tertulis

1. Air yang mengalir keluar dari sebuah pipa dengan kecepatan 6 m/s digunakan untuk mengisi suatu wadah berukuran $2,0 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}$. Jika diketahui luas penampang pipa adalah 12 cm^2 , berapa waktu yang dibutuhkan hingga wadah tersebut penuh berisi air.
2. Tinjau sebuah pipa berbentuk leher botol, jika jari-jari penampang r_1 adalah 6 kali jari-jari penampang r_2 dan kelajuan aliran air dalam penampang kecil adalah 68 m/s , tentukan kelajuan aliran air pada penampang besar.
3. Tinjau sebuah generator 18 kW digerakan dengan kincir tenaga air. Jika generator hanya menerima 75% dari energi air yang jatuh 6 m dari atas baling-baling kincir. Berapa debit air yang sampai ke kincir.
4. Tinjau sebuah selang menyembrotkan air vertikal keatas, sehingga air mencapai ketinggian 4 m . Jika luas ujung selang adalah $0,25 \text{ cm}^2$, tentukan: (a) debit air yang keluar dari selang, (b) volume air yang keluar dari selang selama 60 menit.
5. Tinggi permukaan air pada wadah adalah $2,8 \text{ m}$, jika wadah mengalami kebocoran pada ketinggian 80 cm dari dasar wadah. Maka seberapa jauh air tersebut jatuh dari tangki.
6. Sebuah sayap sebuah pesawat terbang memiliki luas permukaan 60 m^2 . Jika kelajuan aliran udara diatas pesawat adalah a kali kelajuan udara dibawah pesawat yang kelajuannya v . (a) tentukan gaya angkat pesawat per satuan luas, (b) Jika massa jenis udara $1,0 \text{ kg/m}^3$, $\beta = 3$, massa pesawat 400 kg , percepatan gravitasi bumi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, maka laju takeoff minimal berapa.
7. Air mengalir dengan kecepatan 12 m/s melalui sebuah selang berdiameter 5 cm . Selang ini terletak mendatar. Tentukan: (a) debit

massa air, (b) kecepatan air yang keluar dari ujung selang jika diameternya 2 cm,

B. Tes Praktek

✍ Bahan: Air

✍ Alat:

1. Penyemprot serangga / nyamuk,
2. Penyemprot parfum.

✍ Langkah Kerja:

1. Masukkan air kedalam alat penyemprot
2. Lakukan penekanan sehingga keluar air seperti kabut
3. Apa kesimpulan anda

KUNCI JAWABAN

a. Tes Tertulis

1. 5,79 menit
2. 1,89 m/s
3. 0,4 m³/s
4. (a) 2,23 L/s , (b) 802,8 L
5. 5,63 m
6. (a). $F_a = \frac{1}{2} \rho A v^2 (C_d - 1)$, (b). 4,08 m/s
7. (a). 23,6 kg/s , (b). 33,38 m/s

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 pd model	? Model susunan dilengkapi dengan instruksi penyusunan	2
III	Proses (Sistematika & Cara kerja)		
	3.1.Prosedur pengambilan data	? Menghitung debit air yang keluar dari selang/pipa	10
	3.2.Cara mengukur variabel bebas	? Menghitung kecepatan air yang keluar diujung selang ? Mengamati ketinggian permukaan air pada pipa vertikal	8
	3.3.Cara menyusun tabel pengamatan	? Mengukur penampang pipa/selang ? Melengkapi data pengamatan dan pengukuran dalam tabel ? Langkah menghitung debit air dan kecepatan aliran air	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 pengamatan	10
	4.4.Hasil menyimpulkan	? Kesimpulan sesuai dengan konsep teori	10
	4.5. Ketepatan waktu	? Pekerjaan diselesaikan tepat waktu	5
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. 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.

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

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

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

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

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