

RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP)

Sekolah : SMA PLUS PEMBANGUNAN JAYA
Mata Pelajaran : Fisika
Kelas/Semester : XI / Ganjil
Materi Pokok : Fluida Dinamis
Alokasi Waktu : 2 Jam Pelajaran @40 Menit

A. Kompetensi Inti

- **KI-1 dan KI-2:** Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya. **Menghayati dan mengamalkan** perilaku jujur, disiplin, santun, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), bertanggung jawab, responsif, dan pro-aktif dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah, masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, kawasan regional, dan kawasan internasional”.
- **KI 3:** Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah
- **KI4:** Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan

B. Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Dasar	Indikator Pencapaian Kompetensi
3.4 Menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi	• Menganalisis azas toricelli dalam kasus kontekstual (C4) • Menganalisis hukum Bernoulli dalam masalah terkait venturimeter (C4) • Menganalisis hukum Bernoulli pada cara kerja pesawat terbang (C4)
4.4 Membuat dan menguji proyek sederhana yang menerapkan prinsip dinamika fluida, dan makna fisisnya	• Menyelesaikan Lembar kerja tentang penerapan azas Bernoulli • Mempresentasikan hasil diskusi berkaitan penerapan fluida dinamis

C. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran peserta didik dapat menganalisis dan mempresentasikan prinsip fluida dinamik mencakup azas Torricelli, venturimeter, pesawat sederhana dalam teknologi dengan model *problem based learning* serta menunjukkan perilaku berpikir kritis, kreatif, komunikatif, dan kolaboratif yang baik.

D. Materi Pembelajaran

Terlampir

E. Metode Pembelajaran

Pendekatan : *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)*
Model Pembelajaran : *Problem Based Learning*
Metode : Diskusi & persentasi

F. Media Pembelajaran Media :

Media Pembelajaran : Video, LKPD, dan slide powerpoint

Alat dan Bahan : laptop, infocus.

G. Sumber Belajar

Ebook Fisika kelas 10, modul materi ajar, LKPD, video pembelajaran, dan Internet

H. Langkah-Langkah Pembelajaran

1. Pendahuluan (10 menit)

Sintak	Kegiatan	Waktu
Orientasi	1. Guru membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam & menyapa siswa dengan menanyakan kondisinya (Penguatan Pendidikan Karakter) 2. Guru Bersama peserta didik mengawali kegiatan dengan berdoa sebagai rasa syukur kepada Allah SWT (Penguatan Pendidikan Karakter) 3. Guru mengecek kehadiran siswa	4 menit
Motivasi	4. Guru memberikan motivasi pentingnya belajar Fisika & mengenai manfaat materi yang akan dipelajari	2 menit
Apersepsi & Orientasi Peserta didik pada masalah	5. Ditayangkan peta konsep dan video (https://www.youtube.com/watch?v=pXpbkdi9fl4) materi fluida dinamis dan beberapa manfaat konsep fisika terkait fluida kontekstual (Critical Thinking, Collaborative, HOTS, TCK) • Penerapan azas torricelli • Venturimeter • Gaya angkat pesawat 6. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran	4 menit

2. Kegiatan Inti (60 menit)

Sintak	Kegiatan	Waktu
<i>Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar</i>	1. Guru mengumumkan pengelompokkan peserta didik, yang akan bekerja sama dalam pemecahan masalah, sekaligus penentuan masalah yang harus dipecahkan pada tiap kelompok. 2. Peserta didik diminta duduk berkelompok	(5 menit)
<i>Data Processing</i>	3. Bersama peserta didik Guru berdiskusi menganalisis persamaan bernoulli. (Critical Thinking)	(10 menit)

<i>Membimbing penyelidikan individu & kelompok</i>	4. Peserta didik dibimbing guru memahami LKPD yang harus diisi secara mandiri, namun di diskusikan pada setiap kelompoknya 5. Pada momen ini, peserta didik menelaah bahan masalah dan bahan ajar yang diunduh dari Microsoft Teams selama kurang lebih 10 menit (Critical thinking dan creativity, TCK) 6. Peserta didik secara berkelompok menuliskan analisis dan solusi dari permasalahan pada kolom jawaban LKPD selama 10 menit (HOTS & Critical Thinking, Creative)	(25 menit)
<i>Mengembangkan & menyajikan hasil</i>	7. Guru menunjuk 1-2 kelompok untuk menyajikan hasil analisis-solusi nya (Communication, PCK) 8. Guru mempersilahkan kelompok lain untuk memberikan umpan balik, pendapat dan pertanyaan (Communication)	(10 menit)
<i>Menganalisa & evaluasi proses</i>	9. Guru mengecek pemahaman siswa-siswa tentang materi yang diberikan dengan menanyakan beberapa pertanyaan. - Apa saja penerapan hukum Bernoulli dalam teknologi atau masalah kontekstual? - Variable apa saja yang dibahas dalam persamaan bernoulli	(10 menit)

3. Penutup (10 menit)

Sintak	Kegiatan	Waktu
	1. Kesimpulan Guru recall kembali secara singkat materi yang telah diajar 2. Refleksi Guru menanyakan kesulitan selama aktifitas pembelajaran 3. Rencana tindak lanjut Berupa penugasan soal esai singkat terkait besaran-besaran suhu dan kalor	(10 menit)

I. Penilaian

1. Pengetahuan : instrument soal Essay
2. Keterampilan : Berupa portofolio analisis hasil diskusi dari seluruh permasalahan
3. Sikap : Observasi terhadap jalannya diskusi

J. Program Tindak Lanjut

1. Remedial
Peserta didik yang belum mencapai KKM 70 diberi tugas untuk menganalisis video & mencari permasalahan berdasarkan topik yang ditentukan oleh guru
2. Pengayaan
Bagi peserta didik yang nilainya sama dengan 70 atau lebih diberi tugas pengayaan berupa soal HOTS yang bersumber dari soal seleksi masuk PTN

LAMPIRAN

1. Teknik Penilaian (terlampir)

a. Sikap

Penilaian Observasi

Penilaian observasi berdasarkan pengamatan sikap dan perilaku peserta didik sehari-hari, baik terkait dalam proses pembelajaran maupun secara umum. Pengamatan langsung dilakukan oleh guru. Berikut contoh instrumen penilaian sikap

No	Nama Siswa	Aspek Perilaku yang Dinilai				Jumlah Skor	Skor Sikap	Kode Nilai
		BK	KR	KM	KB			
1								
2		...	...	...	...	...	...	...
3		...	...	...	...	...	...	...

Keterangan :

- BK : Berpikir Kritis
- KR : Kreatif
- KM : Komunikatif
- KB : Kolaboratif

Catatan :

1. Aspek perilaku dinilai dengan kriteria:

100 = Sangat Baik

90 = Baik

80 = cukup

75 = kurang Baik

60 = belum baik

2. Skor maksimal = jumlah sikap yang dinilai dikalikan jumlah kriteria = $100 \times 4 = 400$

3. Skor sikap = jumlah skor dibagi jumlah sikap yang dinilai = $275 : 4 = 68,75$

4. Kode nilai / predikat :

90 - 100 = Sangat Baik

80 - 90 = Baik

75 - 80 = cukup

60 - 75 = kurang Baik

< 60 = belum baik

b. keterampilan

Penilaian Portofolio (pengisian LKPD)

No	Aspek yang Dinilai	Sangat Baik (100)	Baik (90)	Cukup (80)	Kurang baik (75)	Belum baik (60)
1	Kesesuaian solusi terhadap permasalahan					
2	Kreativitas penyajian solusi permasalahan					
3	Pemilihan bahasa dalam komunikasi tulisan					

Mengetahui
Kepala Sekolah,

Bintaro, 25 November 2022
Guru Mata Pelajaran

Endang Wahyuningsih, M.Pd

Dika Anggriawan, S.Pd

Catatan Kepala Sekolah

.....

.....

.....

.....

.....

.....

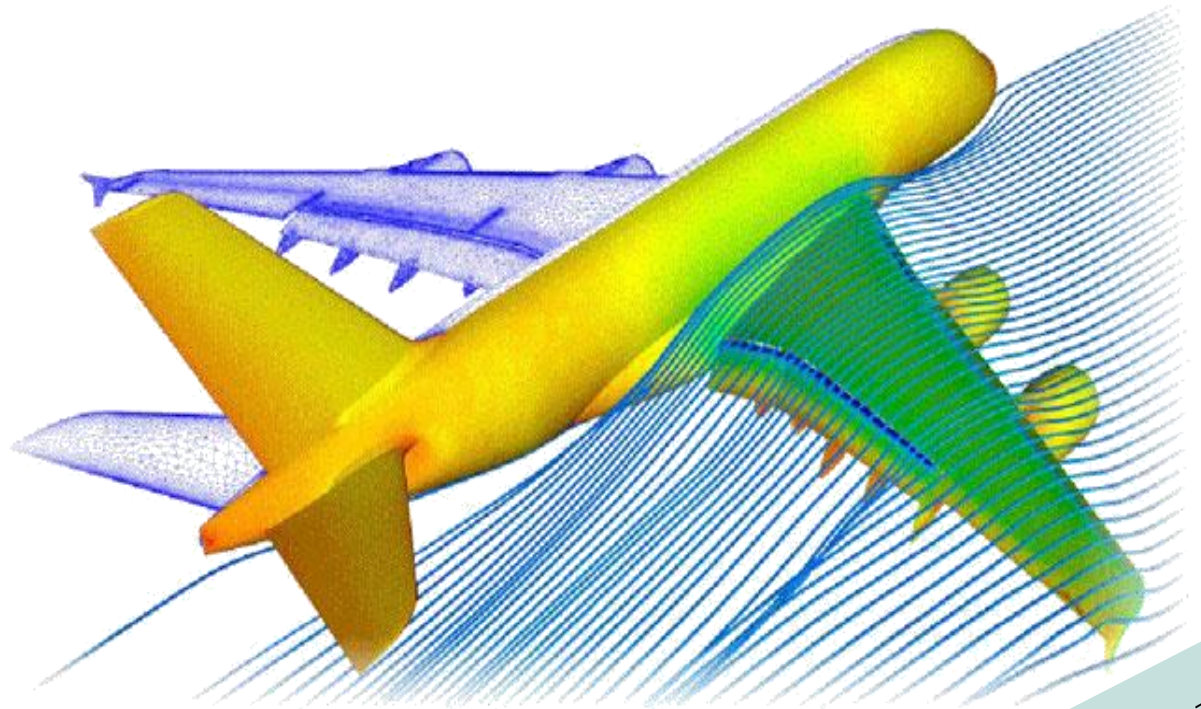
.....

.....

MATERI AJAR ***FLUIDA DINAMIS***

PROBLEM BASED LEARNING

Disusun oleh : Dika Anggriawan



MATERI AJAR FLUIDA DINAMIS BERBASIS PERMASALAHAN

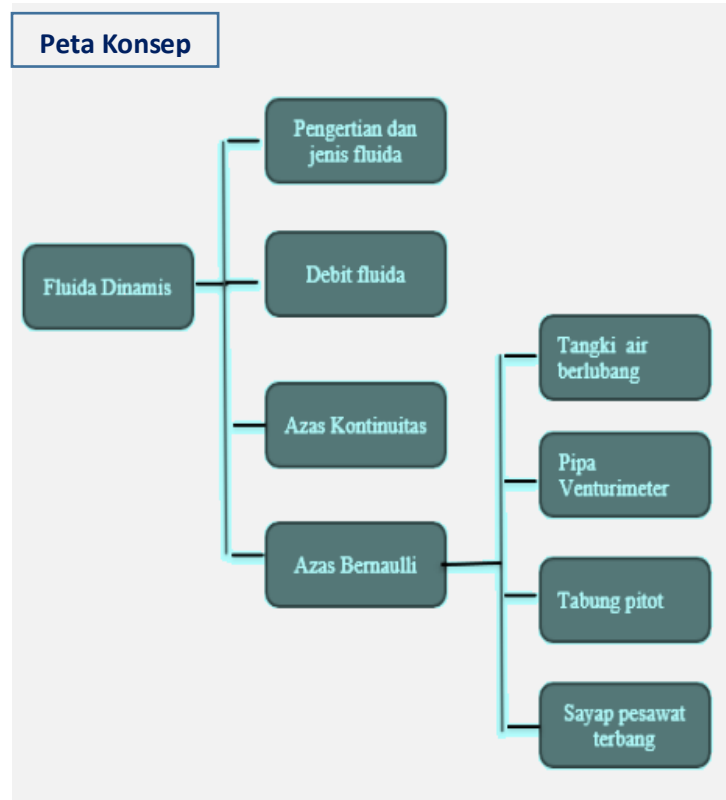
A. Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Dasar	Indikator
3.4 Menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi	- Menerapkan persamaan toricelli dalam kasus kontekstual - Menerapkan hukum Bernoulli dalam masalah terkait venturimeter - Menerapkan hukum Bernoulli dalam masalah terkait pipa pitot - Menerapkan hukum Bernoulli dalam masalah terkait gaya angkat pesawat
4.4 Membuat dan menguji proyek sederhana yang menerapkan prinsip dinamika fluida	- Membuat ilustrasi tiruan aplikasi Azas Bernoulli (alat venturi, kebocoran air, atau sayap pesawat) secara berkelompok - Mempresentasikan laporan hasil produk tiruan aplikasi azas Bernoulli

B. Pengantar

Materi ajar ini membahas tentang Fluida Dinamis yang meliputi Pengertian dan jenis fluida, Debit aliran, Azas Kontinuitas, Azas Bernoulli dan aplikasinya (Tangki air berlubang, pipa venturimeter, tabung pitot dan sayap pesawat terbang).

Penyajian materi diawali dengan berbagai masalah yang kontekstual sehingga diharapkan kalian dapat mengaplikasikan konsep konsep dan hukum dalam fluida dinamis dalam memecahkan permasalahan dalam kehidupan sehari hari khususnya yang ada hubungannya dengan teknologi. Sebagai prasyarat pengetahuan sebelum mempelajari materi ini, kalian diharapkan sudah mempelajari materi tentang tekanan, energi potensial, energi kinetik dan energi mekanik



AKTIVITAS SISWA

A. BERPIKIR KRITIS

Peserta didik diajak berdiskusi secara terbuka dengan rubric penilaian keaktifan dan pada akhirnya menuliskan solusi atas permasalahan di tiap topik.

B. BERLATIH PROBLEM SOLVING

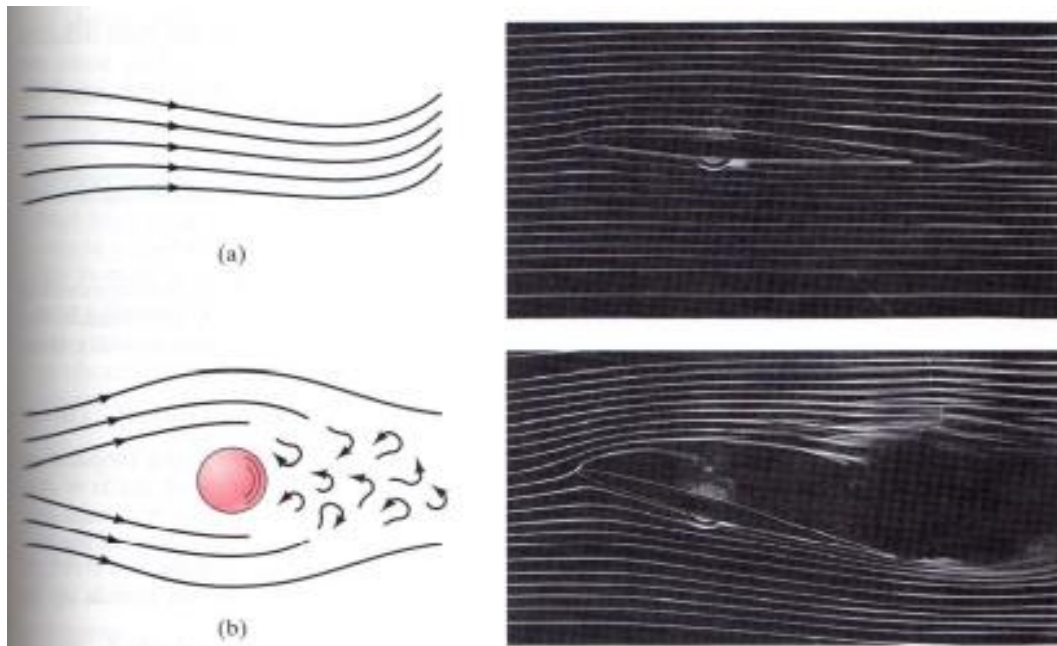
Peserta didik diminta menganalisis persoalan matematis dengan menerapkan konsep-konsep fluida dinamis.

Kedua aktivitas tadi ditagih dalam bentuk isian jawaban hasil diskusi dan pemecahan masalah

Untuk melatih kemampuan komunikasi (tulisan)

1. Pengertian dan Jenis Fluida

- Fluida adalah segala zat yang dapat mengalir, yaitu zat cair dan gas.
- Fluida dinamis adalah ilmu yang mempelajari fluida dalam keadaan bergerak.
- Fluida terdiri atas fluida ideal dan fluida sejati.
- Sifat-sifat fluida ideal antara lain :
 - 1) **Tidak kompresibel** (tak termampatkan). Artinya tidak mengalami perubahan volume atau massa jenis ketika ditekan saat mengalir.
 - 2) **Tidak Kental**. Fluida dianggap bergerak tanpa gesekan walaupun ada gerakan materi.
 - 3) **Tunak**. Artinya kecepatan aliran fluida pada suatu titik mempunyai kelajuan konstan.
 - 4) **Aliran garis arus/laminer** (streamline). Artinya fluida mengalir dalam garis lurus lengkung yang jelas ujung dan pangkalnya.
- Sifat-sifat fluida sejati:
 - 1) **Kompresibel** (dapat termampatkan) Artinya mengalami perubahan volume atau massa jenis ketika ditekan saat mengalir.
 - 2) **Kental** (viscous) Artinya mengalami gaya gesekan ketika mengalir.
 - 3) **Tak tunak** (non-steady) Artinya kecepatan aliran fluida pada suatu titik mempunyai kelajuan berubah-ubah.
 - 4) **Aliran turbulen**. Artinya fluida dapat mengalir secara berputar dengan arah gerak yang berbeda-beda.



Gambar 2. Ilustrasi (a) Aliran laminer dan (b) aliran turbulen

2. Debit Fluida

- Debit adalah besaran yang menyatakan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang dalam waktu tertentu.
- Besarnya debit menyatakan banyaknya volume air yang mengalir setiap detik.
- Secara matematis

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q = debit fluida (m^3/s)

V = Volume (m^3)

t = waktu (s)

- Apabila melalui sebuah pipa maka volume air yang mengalir memenuhi $V = A \cdot S$. Jika nilai ini disubstitusikan ke persamaan debit yang sebelumnya, maka dapat dituliskan:

$$Q = A \cdot \frac{S}{t}$$

$$Q = A \cdot v$$

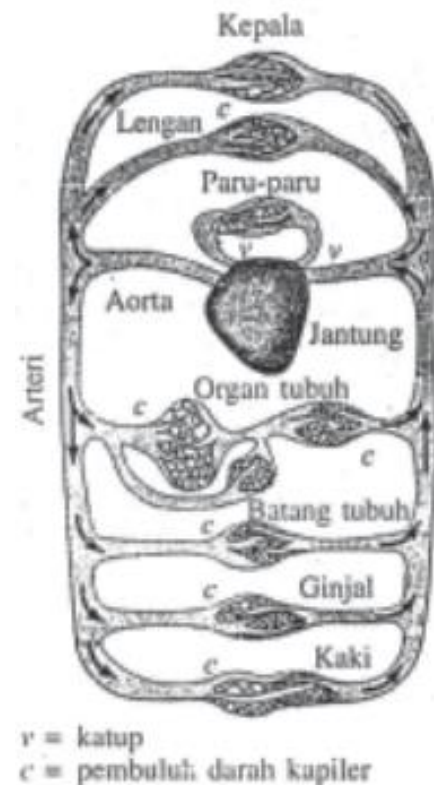
3. Azas kontinuitas

Darah mengalir dari jantung ke aorta, dan kemudian masuk ke arteri-arteri utama. Dari arteri utama ini bercabang lagi ke arteri kecil (arteriol), kemudian bercabang lagi menjadi sejumlah pembuluh kapiler yang amat kecil. Darah kemudian kembali lagi ke jantung melalui vena.



BERLATIH PROBLEM SOLVING !

Darah mengalir dari pembuluh darah yang besar dengan jari-jari 0,3 cm, di mana kelajuannya 10 cm/s, ke dalam daerah di mana jari-jari berkurang menjadi 0,2 cm karena penebalan dinding (arteriosclerosis). Bagaimanakah kelajuan darah di bagian yang lebih kecil? Hitung nilai kelajuan tersebut!



Gambar 3. Sistem peredaran tubuh manusia

- Fluida yang tak termampatkan dan mengalir dalam keadaan tunak, maka laju aliran volume di setiap waktu sama besar.
- **Persamaan kontinuitas** menjelaskan bahwa **massa fluida yang masuk ke dalam suatu penampang akan keluar di ujung penampang lain dengan massa yang sama**. Oleh karena itu, debit fluida di seluruh titik penampang adalah sama
- Pipa aliran fluida atau air biasanya memiliki penampang yang tidak sama. Contohnya pipa PDAM. Pipa aliran yang ada di jalan-jalan besar diameternya bisa menjadi 30 cm tetapi saat masuk di perumahan bisa mengecil menjadi 10 cm dan mencapai kran di rumah tinggal 20 cm. Jika air mengalir tidak termampatkan maka akan berlaku kekekalan debit atau aliran fluida dan dinamakan kontinuitas. Kontinuitas atau kekekalan debit ini dapat dituliskan sebagai berikut.

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

A_1 : Luas penampang di titik 1 (m^2)

A_2 : Luas penampang di titik 2 (m^2)

v_1 : kecepatan pada titik 1 (m/s)

v_2 : kecepatan pada titik 2 (m/s)



Gambar 4. Ilustrasi kasus azas kontinuitas

4. Hukum Bernoulli

- Tekanan fluida dan kelajuan fluida pada pipa mendatar dijelaskan oleh Azas Bernoulli
- Azas / persamaan Bernoulli menyatakan **jumlah tekanan, energi kinetik per satuan volume, dan energi potensial per satuan volume memiliki nilai yang sama di setiap titik sepanjang aliran fluida ideal**.
- Persamaan Bernoulli secara matematis dapat dinyatakan dengan

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

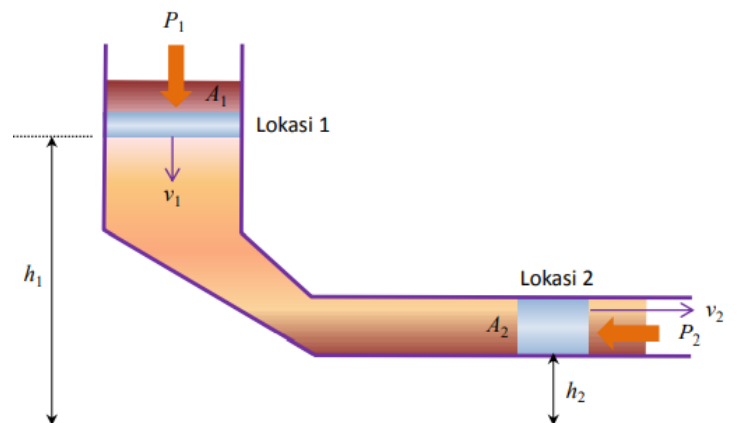
P : tekanan (Pascal)

ρ : massa jenis fluida (kg/m^3)

v : kecepatan fluida (m/s)

g : percepatan gravitasi ($9,8 m/s^2$)

h : ketinggian (m)



Gambar 5. Ilustrasi kasus azas bernoulli

5. Penerapan Hukum Bernoulli

1) Teorema Torricelli



BERPIKIR KRITIS!

Pada suatu instalasi saluran air terdapat tandon/tangki dan 5 lubang keran di dasar tangki.

Setelah tangki diisi penuh air, laju aliran air yang keluar dari keran ketika kelima keran dipakai sangat kecil, sehingga dirasa kurang efektif dalam penggunaannya.

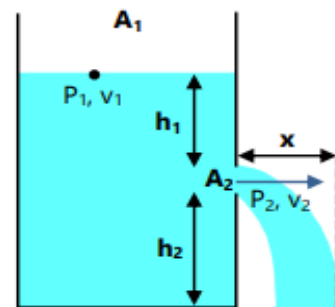
Utarakan pendapatmu apa yang harus dilakukan agar laju aliran air yang keluar dari keran saat kelima keran digunakan bisa lebih besar!



Gambar 6. Tangki air/torren

- Teorema Torricelli menjelaskan bahwa: Jika suatu wadah yang berhubungan dengan atmosfer bagian atasnya, kemudian memiliki lubang yang jauh lebih kecil dari luas penampang wadah di bawah permukaan fluida, maka kelajuan semburan fluida sama dengan kelajuan gerak jatuh bebas benda.
- Penurunan persamaan teorema Toricelli :

$$x = v \cdot t$$
$$x = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \sqrt{\frac{2 \cdot h_1}{g}}$$



Gambar 7.

Sketsa dari suatu keran pada bak penampung yang sangat besar.

2) Venturimeter



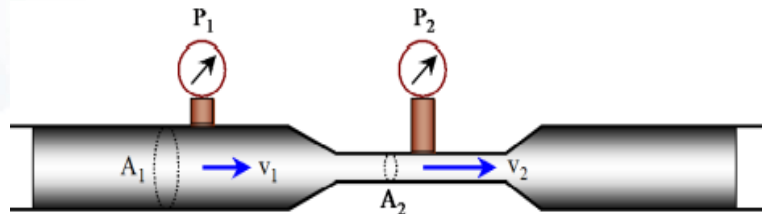
BERPIKIR KRITIS!

Bagaimanakah mengukur laju aliran minyak pada pipa-pipa penyalur minyak dari tempat pengilangan ke kapal tangker di pelabuhan. Karena minyak yang mengalir dalam pipa tidak dapat dilihat, maka diperlukan teknik khusus untuk mengukur laju alirannya tersebut. Bagaimana pendapatmu terkait teknik khusus untuk mengukur laju alirannya tersebut?



Gambar 8. Venturimeter pada pipa penyalur minyak

- Tabung venturi adalah sebuah pipa yang memiliki bagian menyempit.
- Venturimeter adalah suatu alat yang dibuat berdasarkan konsep tabung venturi yang digunakan untuk mengukur kelajuan fluida.
- Venturimeter tanpa manometer (pipa venturi)
Venturimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran fluida dalam pipa tertutup. Contohnya mengukur laju aliran minyak pada pipa-pipa penyalur minyak dari tempat pengilangan ke kapal tangker di pelabuhan. Karena minyak yang mengalir dalam pipa tidak dapat dilihat, maka diperlukan teknik khusus untuk mengukur laju alirannya tersebut. Teknik yang dilakukan adalah memasang pipa yang penampangnya berbeda dengan penampang pipa utama kemudian mengukur tekanan fluida pada pipa utama dan pipa yang dipasang.



Gambar 9.
Venturimeter tanpa manometer

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Karena pipa posisinya mendatar, maka kita dapat mengambil $h_1 = h_2$ sehingga

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Dengan menggunakan persamaan kontinuitas, didapatkan
maka,

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

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho \left(\frac{A_1}{A_2} v_1 \right)^2$$

$$v_1^2 = \frac{2(P_1 - P_2)}{\rho \left(\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1 \right)}$$



Gambar 10. Venturimeter dengan sensor tekanan

Laju aliran fluida dalam pipa dapat ditentukan hanya dengan mengukur beda tekanan di dua tempat yang memiliki penampang yang berbeda. Pada jaman dulu beda tekanan diukur berdasarkan ketinggian kolom fluida dalam pipa kecil yang dipasang vertikal. Namun, kini teknologi canggih sudah digunakan. Yang digunakan bukan lagi pipa vertikal tetapi sensor tekanan yang sensitif. Sensor tekanan dipasang pada dua tempat yang dikehendaki. Selisih kekuatan sinyal listrik yang dikeluarkan sensor tersebut sebagai penentu selisih tekanan di dua titik. Sinyal sensor kemudian diproses secara elektronik dan diubah ke bentuk digital sehingga keluaran akhir adalah laju dalam bentuk display digital.

3) Pipa pitot

Tahukah kalian bahwa tabung pitot adalah salah satu instrument utama pada pesawat terbang. Kalau kita lihat di sejumlah body pesawat kita akan amati sejumlah tabung logam yang menonjol dan menghadap ke depan. Itulah tabung pitot. Gambar dibawah ini adalah tabung pitot yang ada di dua sisi body depan pesawat Boeing seri 737-800 Next Generation.



Gambar 13. Tabung pitot pada dua sisi body depan pesawat Boeing seri 737-800 Next Generation

Kalau kalian akan naik pesawat, coba perhatikan beberapa bagian body pesawat. Akan ditemui sejumlah tabung hitam yang menonjol ke depan. Tabung tersebut digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara terhadap pesawat, yang artinya mengukur kecepatan pesawat terhadap bumi. Memang disain sudah sangat canggih, tetapi prinsip utamanya tetap seperti yang dibahas di atas.



Gambar di samping adalah contoh desain tabung pitot yang dipasang ke pesawat. Keluaran tabung tersebut adalah sinyal-sinyal listrik yang memberikan informasi laju pesawat terhadap udara.

Gambar 14. Contoh desain tabung pitot yang dipasang ke pesawat (sumber gambar: aviation.stackexchange.com)



BERPIKIR KRITIS!

Kecelakaan pesawat Airbus A330-200 Air France nomor penerbangan 447 tanggal 1 Juni 2009 dengan rute Buenos Aires, Argentina ke Paris, Prancis jatuh ke samudera Atlantik dan menewaskan seluruh penumpang yang berjumlah 216 orang dan seluruh kru berjumlah 12 orang. **Buatlah sebuah hipotesis penyebab kecelakaan pesawat tersebut dengan petunjuk kerusakan pada pipa pitot!**



Gambar 15. pesawat Airbus A330-200

- Tabung pitot adalah tabung yang digunakan untuk mengukur kelajuan gas/udara.

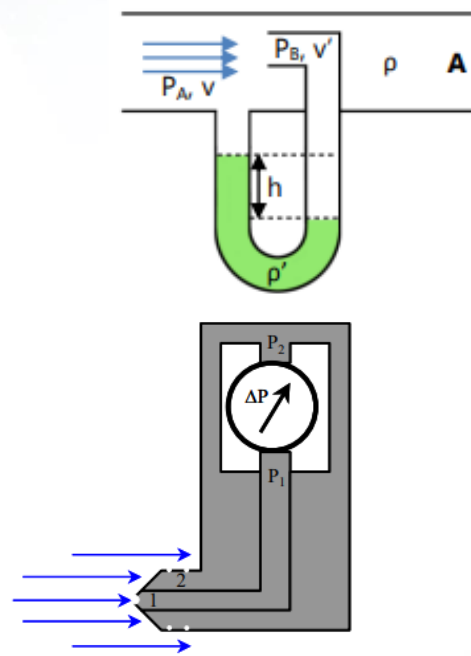
Berlaku persamaan:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Kecepatan aliran dapat dihitung:

$$v^2 = \frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}$$

Tabung pitot memiliki dua ujung pipa. Satu ujung pipa (ujung 1) memiliki lubang yang menghadap aliran udara dan ujung yang lain (ujung 2) memiliki lubang yang menyinggung aliran udara. Udara yang masuk pada ujung 1 pada akhirnya diam di dalam pipa sedangkan udara pada ujung 2 memiliki laju yang sama dengan laju udara luar. Alat ukur tekanan mengukur beda tekanan udara pada dua ujung pipa. Kita gunakan hukum Bernoulli pada ujung 1 dan ujung 2.



Gambar 16. Skema tabung pitot

Kecelakaan pesawat Airbus A330-200 Air France nomor penerbangan 447 tanggal 1 Juni 2009 diduga karena masalah tabung pitot. Pesawat dengan rute Buenos Aires, Argentina ke Paris, Prancis jatuh ke samudera Atlantik dan menewaskan seluruh penumpang yang berjumlah 216 orang dan seluruh kru berjumlah 12 orang. Kesalahan indikator kecepatan akibat tabung pitot tertutup kristal es diduga sebagai penyebab awal kecelakaan. Pada suhu puluhan derajat celsius di bawah nol saat pesawat bergerak pada ketinggian di atas 30.000 kaki, mudah sekali terbentuk es pada bodi bagian luar pesawat. Untuk menghilangkan es yang mungkin terbentuk di tabung pitot maka proses pemanasan dilakukan pada tabung. Sebetulnya airbus sudah memberikan peringatan adanya masalah pada tabung pitot sehingga indikator kecepatan udara tidak memberikan pembacaan yang normal yang menyebabkan autoflight (auto-pilot, auto-thrust, dan sebagainya) secara otomatis tidak berfungsi karena tidak mendapatkan data yang cukup untuk proses pengolahan data penerbangan. Kecelakaan Air France 447 diduga lebih disebabkan oleh kesalahan pilot karena pilot tidak terlatih dengan baik untuk menangani kondisi kegagalan indikator kecepatan. Dalam kondisi demikian, pilot diduga malah membawa pesawat ke kondisi stall (kondisi di mana gaya angkat pada pesawat hilang) sehingga akhirnya menghantam permukaan air laut.



BERLATIH PROBLEM SOLVING !

Sebuah tabung pitot digunakan untuk mengukur laju aliran udara. Jika saat itu sedang bertiup angin dengan laju 4 m/s, berapakah beda tekanan udara dalam satuan atm yang tercatat oleh alat ukur?



BERPIKIR KRITIS!

Pesawat terbang bisa naik atau turun bukan karena memiliki mesin yang dapat mendorong ke atas atau ke bawah. Mesin pesawat hanya menghasilkan gaya dorong ke arah depan. **Tetapi mengapa pesawat bisa naik dan turun?** Bahkan pesawat jet komersial bisa naik hingga ketinggian di atas 10 km dari permukaan laut.

- Pada dasarnya, ada empat buah gaya yang bekerja pada pesawat, yaitu:
 - a. Gaya berat ke bawah,
 - b. Gaya angkat pesawat ke atas,
 - c. Gaya mesin ke depan,
 - d. Gaya gesek udara ke belakang.

Pada bagian bawah sayap tidak ada pemampatan garis arus, tetapi pada bagian atas terdapat pemampatan garis arus. Udara di bagian atas bergeak lebih cepat daripada udara di bagian bawah sayap. Perbedaan kecepatan itu mengakibatkan timbulnya perbedaan tekanan di kedua sisi sayap. Sisi atas sayap adalah daerah kecepatan tinggi sehingga tekanan rendah, sedangkan sisi bawah sayap tekannya hampir sama dengan tekann udara (atmosfer).

Dari penjelasan di atas itu, terlihat bahwa tekanan udara di bawah sayap menjadi lebih besar dibandingkan dengan tekanan udara di atas sayap. Selisih tekanan anatra sisi atas dan bawah sayap itulah yang menimbulkan gaya angkat pada sayap. Semakin besar selisih tekanan udara antara kedua sisi itu semakin besar gaya angkat yang di hasilkan.

- Syarat agar pesawat terbang dapat terbang apabila:

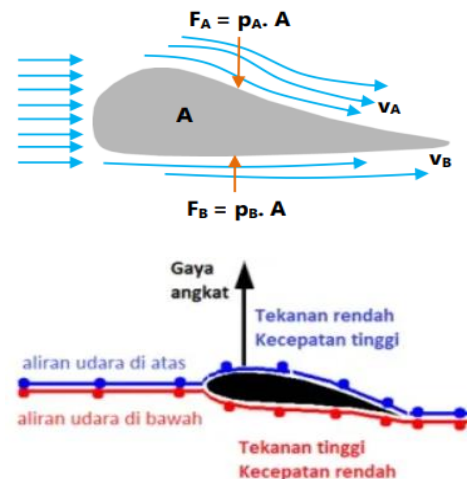
$$v_A > v_B$$

$$P_B > P_A$$

- Syarat bagi pesawat terbang saat mengudara:
 - a. Tinggal landas (take-off), $F_{\text{angkat}} > W$.
 - b. Terbang konstan, $F_{\text{angkat}} = W$.
 - c. Mendarat/turun (landing), $F_{\text{angkat}} < W$.

Berlaku persamaan:

$$\Delta F = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) A_{ef}$$



Gambar 17. Skema gaya angkat pesawat terbang

Jadi, pesawat terbang bisa naik atau turun bukan karena memiliki mesin yang dapat mendorong ke atas atau ke bawah. Mesin pesawat hanya menghasilkan gaya dorong ke arah depan. **Tetapi mengapa pesawat bisa naik dan turun?** Bahkan pesawat jet komersial bisa naik hingga ketinggian di atas 10 km dari permukaan laut. **Penyebabnya adalah**

struktur pesawat terbang yang dirancang sedemikian rupa sehingga mendapat gaya angkat oleh udara ketika bergerak ke arah depan. Salah satu sumber gaya angkat adalah gaya angkat Bernoulli yang terjadi pada sayap. Tetapi ini bukan satu-satunya gaya angkat pada pesawat.

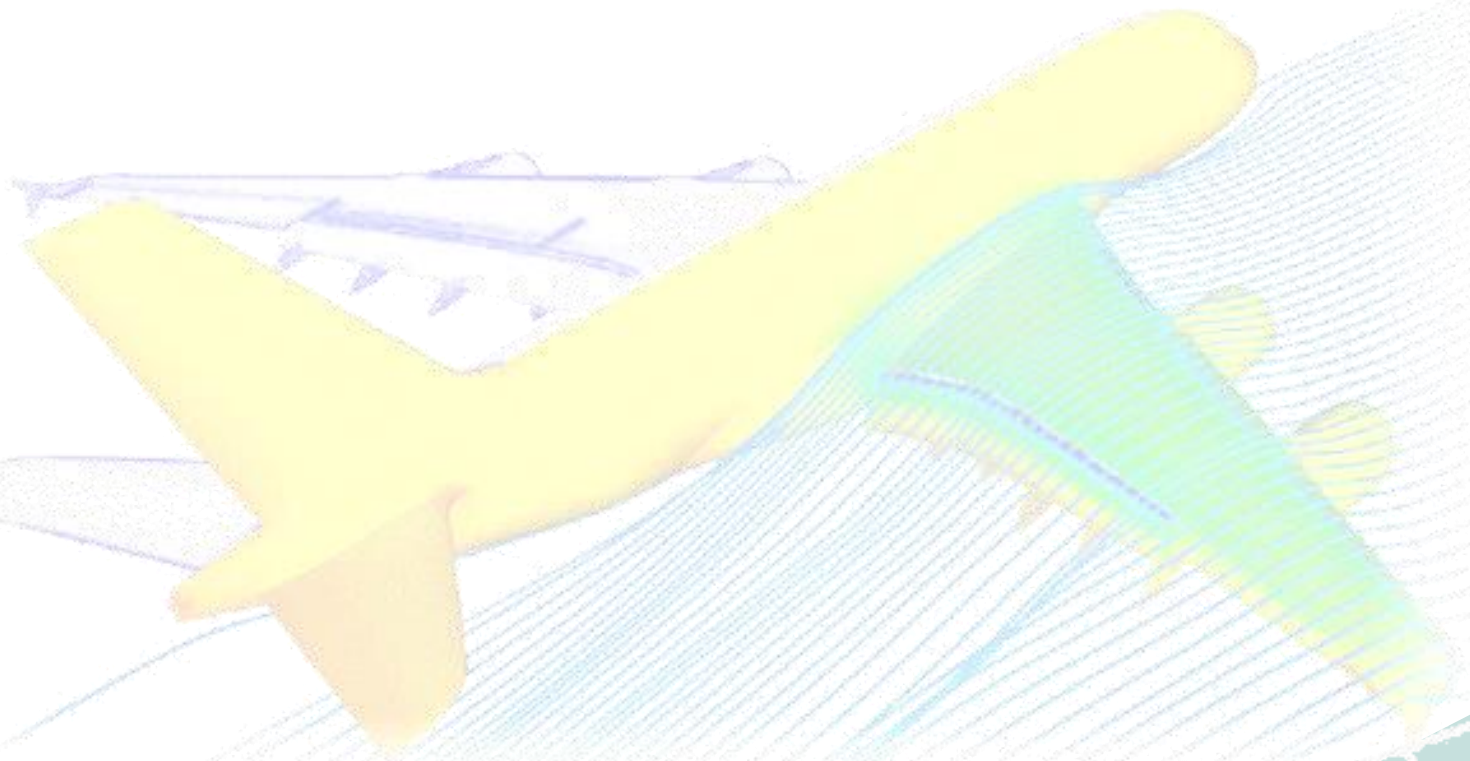


BERLATIH PROBLEM SOLVING !

Pesawat Boeing 777-300ER memiliki massa kosong 168.700 kg. Massa pesawat ditambah muatan untuk terbang yang diijinkan adalah 351.800 kg. Panjang sayap pesawat dari ujung ke ujung (wingspan) adalah 64,8 m dengan luas total penampang sayap 436,8 m². Saat lepas landas laju pesawat sekitar 270 km/jam. Misalkan laju udara di sisi atas sayap 25% lebih cepat dari laju di sisi bawah sayap dan misalkan pesawat sedang bergerak pada laju maksimum, berapakah gaya angkat Bernoulli pada sayap? Apakah gaya tersebut sanggup mengangkat seluruh berat pesawat?
(Gunakan massa jenis udara 1 kg/m³)

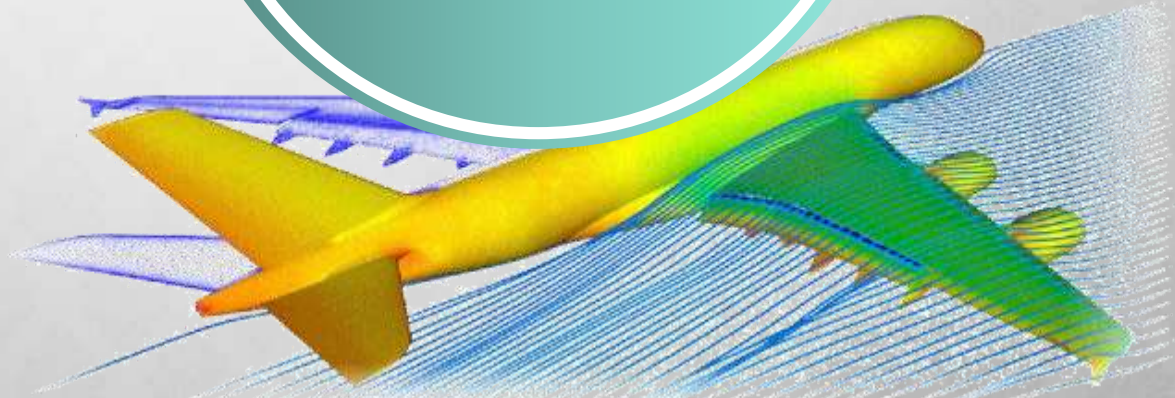


Gambar 18. Pesawat Boeing 777-300ER

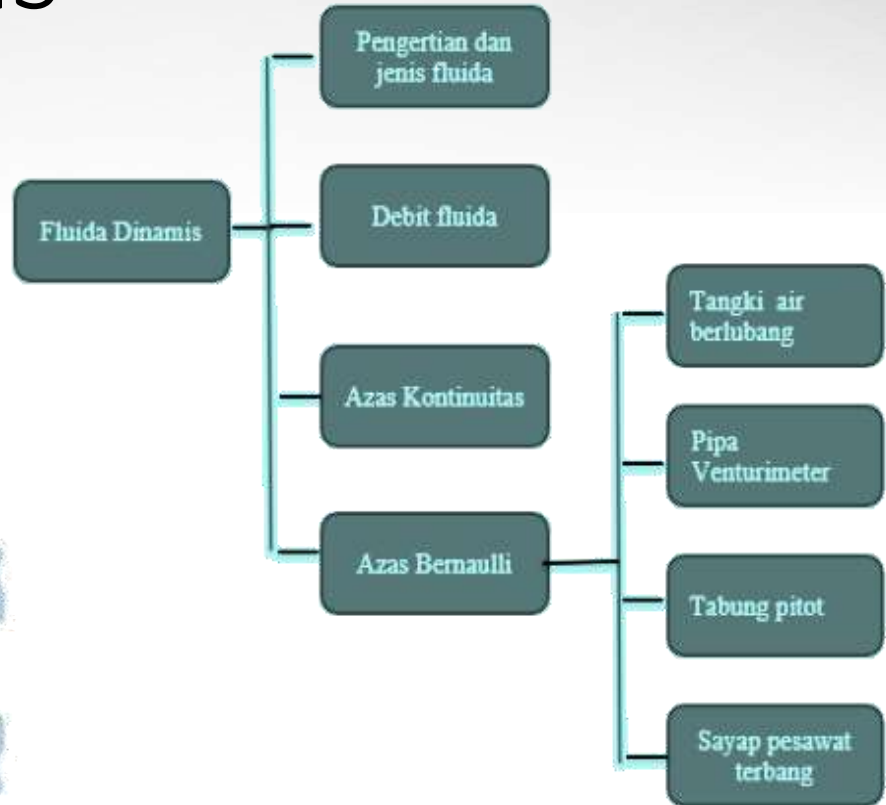


- Menerapkan persamaan toricelli dalam kasus kontekstual
- Menerapkan hukum Bernoulli dalam masalah terkait venturimeter
- Menerapkan hukum Bernoulli dalam masalah terkait pipa pitot
- Menerapkan hukum Bernoulli dalam kasus gaya angkat pesawat

FLUIDA DINAMIS



FLUIDA DINAMIS



pendahuluan

🔪 **Fluida** adalah segala zat yang dapat mengalir, yaitu zat cair dan gas.

🔪 **Fluida dinamis** adalah ilmu yang mempelajari fluida dalam keadaan bergerak.

🔪 **Fluida terdiri atas** fluida ideal dan fluida sejati.

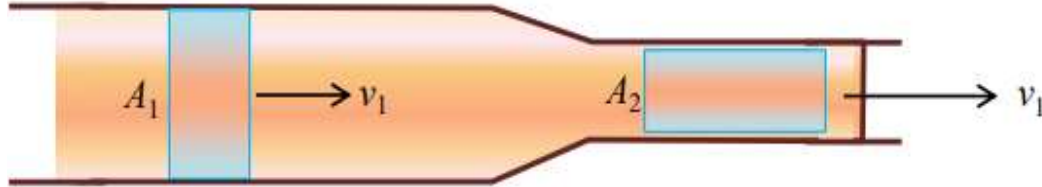
🔪 **Sifat-sifat fluida ideal:**

- 1) **Tidak kompresibel** (tak termampatkan)
Artinya tidak mengalami perubahan volume atau massa jenis ketika ditekan saat mengalir.
- 2) **Tunak** (*steady*)
Artinya kecepatan aliran fluida pada suatu titik mempunyai kelajuan konstan.
- 3) **Tidak kental** (*non-viscous*)
Artinya tidak mengalami gaya gesekan ketika mengalir.
- 4) **Aliran garis arus** (*streamline*)
Artinya fluida mengalir dalam garis lurus lengkung yang jelas ujung dan pangkalnya.

🔪 **Sifat-sifat fluida sejati:**

- 1) **Kompresibel** (dapat termampatkan)
Artinya mengalami perubahan volume atau massa jenis ketika ditekan saat mengalir.
- 2) **Tak tunak** (*non-steady*)
Artinya kecepatan aliran fluida pada suatu titik mempunyai kelajuan berubah-ubah.
- 3) **Kental** (*viscous*)
Artinya mengalami gaya gesekan ketika mengalir.
- 4) **Aliran turbulen** (*laminar flow*)
Artinya fluida dapat mengalir secara berputar dengan arah gerak yang berbeda-beda.

debit dan kontinuitas



- Debit aliran** adalah besaran yang menyatakan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang dalam waktu tertentu.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q = debit aliran (m^3/s)
 V = volume fluida (m^3)
 t = waktu (s)

$$Q = A \cdot v$$

A = luas penampang (m^2)
 v = kecepatan aliran (m/s)

- Persamaan kontinuitas** menjelaskan bahwa massa fluida yang masuk ke dalam suatu penampang akan keluar di ujung penampang lain dengan massa yang sama.
- Oleh karena itu, debit fluida di seluruh titik penampang adalah sama.



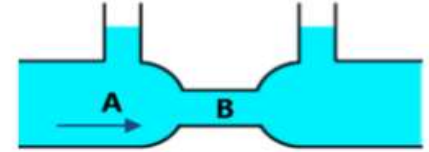
$$Q_1 = Q_2 = \dots$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \dots$$

hukum bernoulli

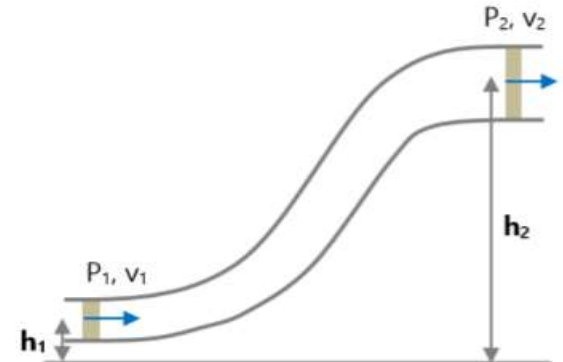


➤ Tekanan fluida dan kelajuan fluida pada pipa mendatar dijelaskan oleh **Azas Bernoulli**.



➤ **Hukum/persamaan Bernoulli** menyatakan:

Jumlah dari tekanan, energi kinetik per volume, dan energi potensial per volume memiliki nilai yang sama pada tiap titik di sepanjang suatu garis arus.



Dapat dirumuskan:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

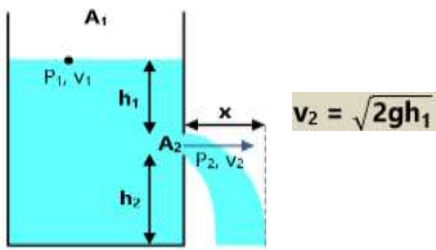


penerapan hukum bernoulli

PENERAPAN HUKUM BERNOULLI

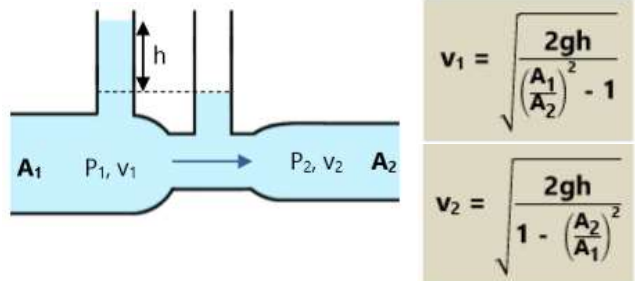
Teorema Torricelli

Jika suatu wadah yang berhubungan dengan atmosfer bagian atasnya, kemudian memiliki lubang yang jauh lebih kecil dari luas penampang wadah di bawah permukaan fluida, maka kelajuan semburan fluida sama dengan kelajuan gerak jatuh bebas benda.

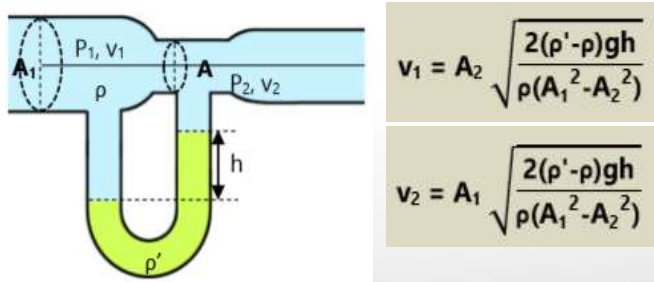


Venturimeter terdiri dari dua:

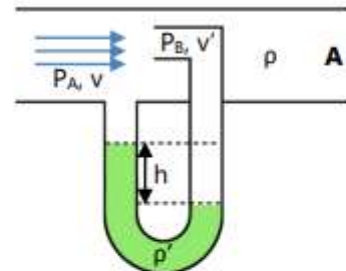
1) **Venturimeter tanpa manometer** (pipa venturi)



2) **Venturimeter dengan manometer**



Tabung pitot adalah tabung yang digunakan untuk mengukur kelajuan gas.



Berlaku persamaan:

$$P_B - P_A = \frac{1}{2} \rho v^2 = \rho' gh$$

Kecepatan aliran dapat dihitung:

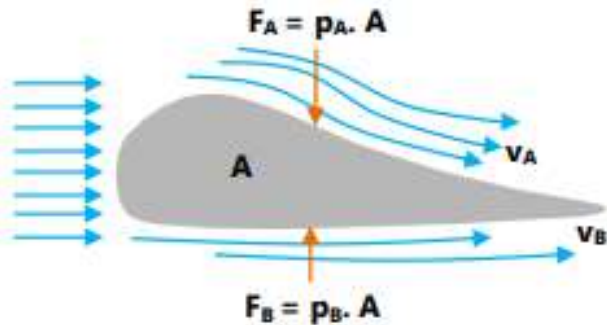
$$v = \sqrt{\frac{2\rho' gh}{\rho}}$$

penerapan hukum bernoulli

Pesawat terbang

Pada dasarnya, ada empat buah gaya yang bekerja pada pesawat, yaitu:

- Gaya berat ke bawah,
- Gaya angkat pesawat ke atas,
- Gaya mesin ke depan,
- Gaya gesek udara ke belakang.



Syarat agar pesawat terbang dapat terbang apabila:

$$v_A > v_B$$

$$P_B > P_A$$

Syarat bagi pesawat terbang saat mengudara:

- Tinggal landas (*take-off*), $F_{\text{angkat}} > W$.
- Terbang konstan, $F_{\text{angkat}} = W$.
- Mendarat/turun (*landing*), $F_{\text{angkat}} < W$.

Berlaku persamaan:

$$F_B - F_A = (P_B - P_A) \cdot A$$

$$F_B - F_A = \frac{1}{2} \rho_u (v_A^2 - v_B^2) A$$

PERMASALAHAN/KASUS TERKAIT MATERI FLUIDA DINAMIS

KASUS 1 – LAJU ALIRAN AIR DARI INSTALASI KERAN – TANGKI

PENERAPAN AZAS TORICELLI

Pada suatu instalasi saluran air terdapat tandon/tangki dan 5 lubang keran di dasar tangki. Setelah tangki diisi penuh air, laju aliran air yang keluar dari keran ketika kelima keran dipakai sangat kecil, sehingga dirasa kurang efektif dalam penggunaannya.

Utarakan pendapatmu apa yang harus dilakukan agar laju aliran air yang keluar dari keran saat kelima keran digunakan bisa lebih besar!

REFERENSI VIDEO

Experimental study of torricelli's law : https://youtu.be/Bq_E1Kq1xuY



PERMASALAHAN/KASUS TERKAIT MATERI FLUIDA DINAMIS

KASUS 2 – MENGUKUR LAJU ALIRAN MINYAK DALAM PIPA PERTAMINA

PENERAPAN HUKUM BERNOULLI

Bagaimanakah mengukur laju aliran minyak pada pipa-pipa penyalur minyak dari tempat pengilangan ke kapal tangker di pelabuhan. Karena minyak yang mengalir dalam pipa tidak dapat dilihat, maka diperlukan teknik khusus untuk mengukur laju alirannya tersebut.

Bagaimana pendapatmu terkait teknik khusus untuk mengukur laju alirannya tersebut?

Jelaskan secara singkat cara kerjanya!

REFERENSI VIDEO

Flow device – venture tubes : <https://youtu.be/GXDJvva1g9A>

Flow measuring principle : <https://youtu.be/oUd4WxjoHKY>

Bagian - Bagian Venturimeter



KASUS 3 – KECELAKAAN PESAWAT *PENERAPAN HUKUM BERNOULLI*

Kecelakaan pesawat Airbus A330-200 Air France nomor penerbangan 447 tanggal 1 Juni 2009 dengan rute Buenos Aires, Argentina ke Paris, Prancis jatuh ke samudera Atlantik dan menewaskan seluruh penumpang yang berjumlah 216 orang dan seluruh kru berjumlah 12 orang.

Buatlah sebuah hipotesis penyebab kecelakaan pesawat tersebut dengan petunjuk kerusakan pada pipa pitot!

REFERENSI VIDEO

Sensor ketinggian & kecepatan pesawat / pitot static :

<https://youtu.be/kOD9S8Qw1XI>

Fluida dinamis (tabung pitot) :

https://youtu.be/C7Z4e_8zdCA?t=30



PERMASALAHAN/KASUS TERKAIT MATERI FLUIDA DINAMIS

KASUS 4 – BAGAIMANA PESAWAT BISA TERBANG KE ATAS *PENERAPAN HUKUM BERNOULLI*

Pesawat terbang bisa naik atau turun bukan karena memiliki mesin yang dapat mendorong ke atas atau ke bawah. Mesin pesawat hanya menghasilkan gaya dorong ke arah depan. Tetapi mengapa pesawat bisa naik dan turun? Bahkan pesawat jet komersial bisa naik hingga ketinggian di atas 10 km dari permukaan laut.

Jelaskan mengapa pesawat bisa naik ke atas saat terbang

REFERENSI VIDEO

Kenapa pesawat bisa terbang
<https://youtu.be/YljSXjd4lnk>



pembagian kelompok

KELOMPOK A

1
2
3
4

KELOMPOK C

1
2
3
4

KELOMPOK B

1
2
3
4

KELOMPOK D

1
2
3
4

KELOMPOK E

1
2
3
4

L K P D

FLUIDA DINAMIS

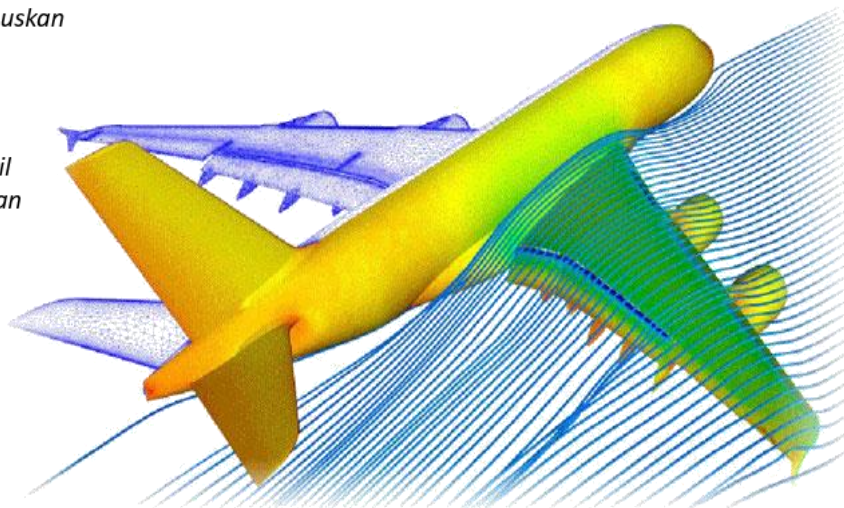
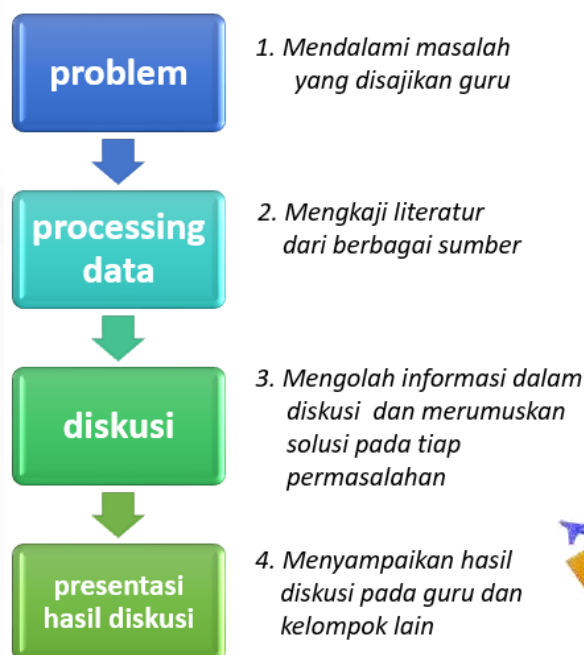
PROBLEM BASED LEARNING

Kompetensi Dasar	Indikator Pencapaian Kompetensi (pertemuan ke-2)
3.4 Menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi	• Menerapkan persamaan toricelli dalam kasus kontekstual • Menerapkan hukum Bernoulli dalam masalah terkait venturimeter • Menerapkan hukum Bernoulli dalam masalah terkait pipa pitot • Menerapkan hukum Bernoulli dalam masalah terkait gaya angkat pesawat

Fluida merupakan istilah zat yang dapat mengalir. Kata Fluida mencakup zat cair, air dan gas karena kedua zat ini dapat mengalir, sebaliknya batu dan benda-benda keras atau seluruh zat padat tidak digolongkan kedalam fluida karena tidak bisa mengalir.

Fluida dinamis merupakan fluida (bisa berupa zat cair, gas) yang bergerak. Untuk memudahkan dalam mempelajari, fluida disini dianggap steady (mempunyai kecepatan yang konstan terhadap waktu), tak termampatkan (tidak mengalami perubahan volume), tidak kental, tidak turbulen (tidak mengalami putaran-putaran).

ALUR KEGIATAN DALAM LKPD



PROBLEM

KASUS 1 – LAJU ALIRAN AIR DARI INSTALASI KERAN – TANGKI



*Pada suatu instalasi saluran air terdapat tandon/tangki dan 5 lubang keran di dasar tangki. Setelah tangki diisi penuh air, laju aliran air yang keluar dari keran ketika kelima keran dipakai sangat kecil, sehingga dirasa kurang efektif dalam penggunaannya. **Utarakan pendapatmu apa yang harus dilakukan agar laju aliran air yang keluar dari keran saat kelima keran digunakan bisa lebih besar!***

KASUS 2 – MENGUKUR LAJU ALIRAN MINYAK DALAM PIPA PERTAMINA

*Bagaimanakah mengukur laju aliran minyak pada pipa-pipa penyalur minyak dari tempat pengilangan ke kapal tangker di pelabuhan. Karena minyak yang mengalir dalam pipa tidak dapat dilihat, maka diperlukan teknik khusus untuk mengukur laju alirannya tersebut. **Bagaimana pendapatmu terkait teknik khusus untuk mengukur laju alirannya tersebut? Jelaskan secara singkat cara kerjanya!***



KASUS 3 – KECELAKAAN PESAWAT



*Kecelakaan pesawat Airbus A330-200 Air France nomor penerbangan 447 tanggal 1 Juni 2009 dengan rute Buenos Aires, Argentina ke Paris, Prancis jatuh ke samudera Atlantik dan menewaskan seluruh penumpang yang berjumlah 216 orang dan seluruh kru berjumlah 12 orang. **Buatlah sebuah hipotesis penyebab kecelakaan pesawat tersebut dengan petunjuk kerusakan pada pipa pitot!***

KASUS 4 – BAGAIMANA PESAWAT BISA TERBANG KE ATAS

*Pesawat terbang bisa naik atau turun bukan karena memiliki mesin yang dapat mendorong ke atas atau ke bawah. Mesin pesawat hanya menghasilkan gaya dorong ke arah depan. Tetapi mengapa pesawat bisa naik dan turun? Bahkan pesawat jet komersial bisa naik hingga ketinggian di atas 10 km dari permukaan laut. **Jelaskan mengapa pesawat bisa naik ke atas saat terbang***



PROCESSING DATA

KASUS 1 – LAJU ALIRAN AIR DARI INSTALASI KERAN – TANGKI

PENERAPAN AZAS TORICELLI

Pada suatu instalasi saluran air terdapat tandon/tangki dan 5 lubang keran di dasar tangki. Setelah tangki diisi penuh air, laju aliran air yang keluar dari keran ketika kelima keran dipakai sangat kecil, sehingga dirasa kurang efektif dalam penggunaannya.

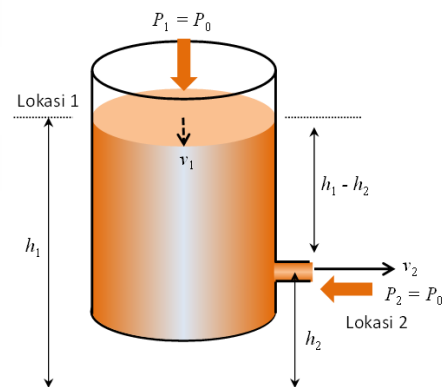
Utarakan pendapatmu apa yang harus dilakukan agar laju aliran air yang keluar dari keran saat kelima keran digunakan bisa lebih besar!

REFERENSI VIDEO

Experimental study of torricelli's law : https://youtu.be/Bq_E1Kq1xuY

LITERASI

Teorema Toricelli adalah sebuah Fenomena air menyembur keluar dari sebuah lubang tangki air. Besarnya suatu energi kinetik air yang menyembur keluar dari lubang tangki air sama dengan besarnya energi potensial. Karena itu, maka kecepatan air yang menyembur pada lubang yaitu sama seperti air yang jatuh bebas dari batas ketinggian air. Sebab semakin besar perbedaannya antara ketinggian lubang dari batas ketinggian air, maka akan semakin cepat semburan airnya.



Sebuah tangki bisa dianggap sebagai selang yang memiliki dua ukuran lubang berbeda. Pertama lubang A yang jauh lebih besar dari B sehingga turunnya permukaan air sangat lambat, turunnya permukaan air di titik A disebut kecepatan aliran fluida di titik A, v_A . Karena sangat lambat maka $v_A = 0$. Karena titik A dan B sebelum air mulai keluar berkontak langsung dengan udara maka tekanan A dan tekanan B sama dengan tekanan atmosfer, sehingga selisih tekanan di A dan B sama dengan nol. Dengan mengetahui selisih tekanan, ketinggian masing-masing titik A dan B serta kecepatan di A untuk mengetahui kecepatan di B maka hukum Bernoulli dapat diterapkan.

Jelas bahwa tangki bocor atau dikenal sebagai teorema Torricelli adalah aplikasi penurunan hukum Bernoulli. Meskipun apa yang digagas oleh Torricelli mendahului 100 tahun sebelum hukum Bernoulli muncul. Bagaimana bisa? Sederhana, Torricelli menurunkan rumus-rumus tersebut dengan bantuan hukum kekekalan energi mekanik, tapi berbeda dengan Bernoulli yang lebih rumit, cara Torricelli sangat sederhana, perhatikan. Anggap setitik air bermassa m , dengan kecepatan di titik A $v_A = 0$, ketinggian H dan h untuk menghitung v_B

$$\begin{aligned}P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 &= P_1 + \frac{1}{2} \rho g h_1 + \rho v_1^2 \\P_0 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 &= P_0 + \rho g h_1 + 0 \\\frac{1}{2} \rho v_2^2 &= \rho g (h_1 - h_2) \\v_2^2 &= g h \\v_2 &= \sqrt{g h}\end{aligned}$$

Arah air yang keluar mula-mula adalah horizontal tegak lurus arah gravitasi bumi dan sejajar permukaan tanah. Berarti gerakan mendatarnya adalah gerak lurus beraturan dan gerakan vertikalnya adalah gerak vertikal jatuh bebas dengan kecepatan awal nol.

$$h_2 = \frac{1}{2}gt^2$$
$$t^2 = \frac{2(H-h)}{g}$$
$$t = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$

Dengan mendapatkan kecepatan dan waktu maka jarak keluarnya air sampai ke tanah dihitung horizontal adalah

$$x = v_2 t$$
$$x = \sqrt{gh} \cdot \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$
$$x = \sqrt{\frac{2gh(H-h)}{g}}$$
$$x = 2\sqrt{h(H-h)}$$

KASUS 2 – MENGUKUR LAJU ALIRAN MINYAK DALAM PIPA PERTAMINA

PENERAPAN HUKUM BERNOULLI

Bagaimanakah mengukur laju aliran minyak pada pipa-pipa penyalur minyak dari tempat pengilangan ke kapal tangker di pelabuhan. Karena minyak yang mengalir dalam pipa tidak dapat dilihat, maka diperlukan teknik khusus untuk mengukur laju alirannya tersebut.

Bagaimana pendapatmu terkait teknik khusus untuk mengukur laju alirannya tersebut?

REFERENSI VIDEO

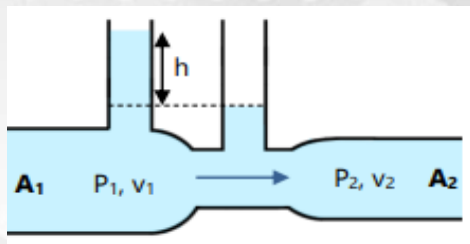
Flow device – venture tubes : <https://youtu.be/GXDJvva1q9A>

Flow measuring principle : <https://youtu.be/oUd4WxjoHKY>

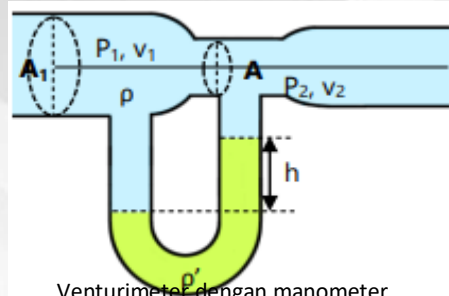
LITERASI

Pipa venturi atau venturimeter merupakan alat yang dipasang pada sebuah pipa untuk mengukur kecepatan aliran fluida (zat cair atau gas). Prinsip kerja venturimeter merupakan aplikasi dari hukum Bernoulli dan persamaan yang berlaku sesuai hukum tersebut. Berdasarkan hukum tersebut dapat diperoleh persamaan untuk mengetahui kecepatan air yang masuk venturimeter. Besar kecepatan air yang masuk venturimeter (v_1) dipengaruhi oleh nilai luas penampang kedua ujung pipa venturi (A_1 dan A_2), percepatan gravitasi (g), perbedaan ketinggian fluida (h), dan massa jenis fluida (ρ).

Venturimeter terdapat dua jenis yaitu venturimeter tanpa manometer dan venturimeter dengan manometer. Venturimeter dengan manometer dapat digunakan untuk mengukur laju aliran fluida berupa gas pada pipa. Gambaran bentuk kedua jenis venturimeter dapat dilihat seperti berikut.



Venturimeter tanpa manometer



Venturimeter dengan manometer

Prinsip Kerja Venturimeter

Bagian-bagian venturimeter terdiri dari tiga bagian utama yaitu bagian inlet, inlet cone, dan throat/leher.

Bagian **inlet** adalah bagian yang berbentuk lurus dengan diameter yang sama seperti diameter pipa atau cerobong aliran. Bagian inlet merupakan tempat bagi lubang tekanan awal yang dapat dilihat melalui tabung piezometer.

Bagian kedua adalah **inlet cone**, yaitu bagian berbentuk seperti kerucut yang memiliki fungsi untuk menaikkan kecepatan fluida.

Ketiga adalah **throat** atau leher adalah bagian yang memiliki bentuk dan ukuran yang sama seperti bagian terkecil **inlet cone**. Bentuk tersebut memiliki tujuan agar tidak mengurangi atau menambah kecepatan aliran yang keluar dari outlet cone. Pada bagian **throat**, tekanan juga diukur yang dapat dilihat melalui tabung piezometer.

Pada venturimeter, fluida masuk melalui bagian inlet dan diteruskan masuk pada throat. Pada bagian inlet cone fluida akan mengalami penurunan tekanan yang disebabkan bentuk inlet cone berupa kerucut atau semakin mengecil ke bagian throat. Tekanan pertama diukur pada bagian inlet, sedangkan pengukuran tekanan kedua pada bagian throat. Selanjutnya, fluida melewati bagian akhir dari venturimeter (**outlet cone**) dan tekanan kembali normal.

Perbedaan ketinggian fluida pada tabung *piezometer* menunjukkan adanya perbedaan tekanan pada dua tempat tersebut.

Prinsip kerja venturimeter dengan manometer sama dengan tanpa manometer. Perbedaan dari venturimeter dengan manometer terdapat pada penggunaan manometer sebagai pengukur tekanan. Saat aliran zat cair dalam pipa dengan massa jenis masuk ke dalam venturimeter, dorongan aliran fluida

Bagian - Bagian Venturimeter



menghasilkan perubahan ketinggian cairan raksa pada pipa U manometer. Kelebihan dari venturimeter dengan manometer dapat digunakan untuk fluida berupa gas.

Rumus Kecepatan Air yang Masuk Venturimeter

Persamaan kontinuitas menyatakan bahwa pada fluida tak termampatkan dan tunak (kondisi sewaktu sifat-sifat suatu sistem tak berubah), kecepatan aliran fluida berbanding terbalik dengan luas penampangannya. Pada pipa yang luas penampangannya kecil maka alirannya besar. Persamaan kelajuan aliran atau debit fluida pada dua titik dengan luas penampang berbeda memenuhi persamaan berikut.

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

A_1 : Luas penampang di titik 1 (m^2)

A_2 : Luas penampang di titik 2 (m^2)

v_1 : kecepatan pada titik 1 (m/s)

v_2 : kecepatan pada titik 2 (m/s)



Hukum Bernoulli menjelaskan bagaimana gerak aliran fluida yang dapat berupa zat cair atau zat gas. Bunyi hukum Bernoulli menyatakan bahwa kenaikan kecepatan fluida akan menyebabkan penurunan tekanan fluida secara bersamaan. Atau dapat dikatakan bahwa fluida yang bergerak cepat memiliki tekanan yang lebih rendah dari pada fluida dengan kecepatan lebih lambat. Persamaan yang sesuai dengan hukum Bernoulli adalah sebagai berikut.

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

P : tekanan (Pascal)

ρ : massa jenis fluida (kg/m^3)

v : kecepatan fluida (m/s)

g : percepatan gravitasi ($9,8 m/s^2$)

h : ketinggian (m)

Berdasarkan prinsip Bernoulli, kecepatan aliran zat cair dapat ditentukan melalui dua persamaan $p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$ dan $p_1 - p_2 = \rho g h$. Selain itu substitusi persamaan kontinuitas akan membuat rumus kecepatan air yang masuk venturimeter menjadi lebih baik. Persamaan untuk menghitung kecepatan air yang masuk venturimeter diperoleh melalui persamaan berikut.

$$\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) = \rho g h$$

$$\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 \cdot v_1^2 - v_1^2 = 2gh$$

$$v_1^2 \left[\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1 \right] = 2gh$$

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

Pada venturimeter dengan manometer terdapat tabung U yang berisi raksa setinggi h . Zat cair bermassa jenis ρ mengalir melalui pipa dengan luas penampang A_1 menuju pipa sempit dengan luas penampang A_2 . Dengan cara yang sama seperti sebelumnya, kecepatan fluida yang masuk pipa venturi dengan manometer dinyatakan dalam persamaan berikut.

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

Dalam sistem kontrol otomatis, melalui venturi meter didapatkan nilai tekanan di dua bagian venturi, yang selanjutnya dihubungkan dengan transmitter. Transmitter tersebut mengubah sinyal tekanan menjadi sinyal arus listrik, dan sistem kontrol data akan mengubah besaran arus yang ada tersebut menjadi besar aliran sesuai dengan standard yang sudah ditentukan.



Penerapan Dari Alat Venturi Meter Penerapan venturi meter sebagai berikut : 1. Dalam industri digunakan untuk mengukur laju aliran bahan kimia melalui pipa. 2. Digunakan dalam pesawat untuk mengukur kecepatan pesawat 3. Venturi meter biasa digunakan untuk pengaturan aliran bensin dalam system pengapian pada kendaraan bermotor.

Kelebihan Venturi meter antara lain pembacaan pengukuran lebih akurat, dapat mengukur debit besar, dapat digunakan untuk pengukuran fluida dengan aliran yang kecil, jauh dari kemungkinan tersumbat kotoran, mengukur cairan yang mengandung endapan padatan (solid). Bila kalibrasi dan pemasangannya tepat, venturi meter ini mempunyai ketelitian yang paling tinggi diantara semua alat pengukur aliran fluida yang berdasarkan beda tekan (orifis dan nozzle). Kekurangannya, dari segi biaya venturi meter lebih mahal harganya serta sulit dalam pemasangan karena panjang.

KASUS 3 – KECELAKAAN PESAWAT

PENERAPAN HUKUM BERNOULLI

Kecelakaan pesawat Airbus A330-200 Air France nomor penerbangan 447 tanggal 1 Juni 2009 dengan rute Buenos Aires, Argentina ke Paris, Prancis jatuh ke samudera Atlantik dan menewaskan seluruh penumpang yang berjumlah 216 orang dan seluruh kru berjumlah 12 orang.

Buatlah sebuah hipotesis penyebab kecelakaan pesawat tersebut dengan petunjuk kerusakan pada pipa pitot!

REFERENSI VIDEO - - - - -

Sensor ketinggian & kecepatan pesawat | pitot static : <https://youtu.be/kOD9S8Qw1XI>

Fluida dinamis (tabung pitot) : https://youtu.be/C7Z4e_8zdCA?t=30

LITERASI - - - - -



Diagram Tabung Pitot

Hukum Bernoulli di lokasi P_t dan P_s :

$$P_t + \frac{1}{2} \rho \times 0^2 + \rho gh = P_s + \frac{1}{2} \rho \times v^2 + \rho gh$$

Maka kecepatan aliran udara terhadap pesawat:

$$v = \sqrt{\frac{2(P_t - P_s)}{\rho}} = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

ρ = massa jenis udara

Kecepatan udara terhadap pesawat sama dengan kecepatan pesawat terhadap tanah.

Lokasi ini bersentuhan dengan udara bergerak di lubang 2 dan 3: tekanan rendah

Udara diam: tekanan tinggi

Ke sensor pendeteksi perbedaan tekanan

$$\Delta P = P_t - P_s$$

Tabung pitot yang dipasang di badan pesawat

Tabung pitot digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara dengan menggunakan persamaan Bernoulli. Tabung ini memiliki dua jenis lubang. Satu lubang dihubungkan dengan pipa yang tertutup ujungnya. Udara dalam pipa tersebut menjadi diam. Lubang lainnya berisi udara yang bersentuhan dengan udara yang bergerak. Perbedaan tekanan udara dalam dua lubang tersebut bergantung pada kecepatan aliran udara relatif terhadap tabung.

Tahukah kita bahwa tabung pitot adalah instrument utama pada pesawat terbang. Kalau kita lihat di sejumlah body pesawat kita akan amati sejumlah tabung logam yang menonjol dan menghadap ke depan. Itulah tabung pitot. Tabung tersebut digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara terhadap pesawat, yang artinya mengukur kecepatan pesawat terhadap bumi. Memang disain sudah sangat canggih, tetapi prinsip utamanya tetap seperti prinsip tabung pitot yang dibahas di Fisika SMA.

Kecelakaan pesawat Airbus A330-200 Air France nomor penerbangan 447 tanggal 1 Juni 2009 diduga karena masalah tabung pitot. Pesawat dengan rute Buenos Aires ke Paris jatuh ke samudera Atlantik dan menewaskan seluruh penumpang 216 orang dan seluruh kru 12 orang. Kesalahan indikator kecepatan akibat tabung pitot tertutup Kristal es diduga sebagai penyebab awal kecelakaan. Pada suhu puluhan derajat di bawah nol saat pesawat bergerak pada ketinggian di atas 30.000 kaki, mudah sekali terbentuk es pada bodi bagian luar pesawat. Untuk menghilangkan es yang mungkin terbentuk di tabung pitot maka proses pemanasan dilakukan pada tabung.

Benarkah tabung Pitot jadi penyebab Lion Air JT610 jatuh?

Rabu, 31 Oktober 2018 21:29 Reporter : [Merdeka](#)

Merdeka.com - Kotak hitam (black box) pesawat Lion Air JT 610 yang jatuh di perairan Karawang dua hari lalu belum ditemukan, namun sejumlah pengamat penerbangan mengajukan teori terkait penyebab kecelakaan pesawat berpenumpang 189 orang itu. Salah satunya adalah dugaan bahwa rusaknya salah satu instrumen pada burung besi Boeing 737 MAX 8 itu, menjadi penyebab signifikan yang mungkin menyebabkan Lion Air itu jatuh. Sebelum hilang kontak dan jatuh, pesawat anyar yang baru diproduksi itu menunjukkan perubahan yang tidak menentu dalam kecepatan, ketinggian (altitude) dan arahnya. Hal itu menyebabkan para ahli berspekulasi bahwa masalah pada instrumen pesawat yang digunakan untuk menghitung kecepatan dan ketinggian pesawat, mungkin telah menyebabkan kecelakaan itu, demikian dilaporkan Russel Goldman untuk the The New York Times, yang dikutip Rabu (31/10). Kerusakan pada indikator itu, yang bernama tabung pitot (pitot tubes), pernah menjadi penyebab dalam beberapa kecelakaan penerbangan sebelumnya.

KASUS 4 – BAGAIMANA PESAWAT BISA TERBANG KE ATAS

PENERAPAN HUKUM BERNOULLI

Pesawat terbang bisa naik atau turun bukan karena memiliki mesin yang dapat mendorong ke atas atau ke bawah. Mesin pesawat hanya menghasilkan gaya dorong ke arah depan. Tetapi mengapa pesawat bisa naik dan turun? Bahkan pesawat jet komersial bisa naik hingga ketinggian di atas 10 km dari permukaan laut.

Jelaskan mengapa pesawat bisa naik ke atas saat terbang

REFERENSI VIDEO

Kenapa pesawat bisa terbang : <https://youtu.be/YljSXjd4lnk>

LITERASI

- Pada dasarnya, ada empat buah gaya yang bekerja pada pesawat, yaitu:
 - a. Gaya berat ke bawah,
 - b. Gaya angkat pesawat ke atas,
 - c. Gaya mesin ke depan,
 - d. Gaya gesek udara ke belakang.

Pada bagian bawah sayap tidak ada pemampatan garis arus, tetapi pada bagian atas terdapat pemampatan garis arus. Udara di bagian atas bergeak lebih cepat daripada udara di bagian bawah sayap. Perbedaan kecepatan itu mengakibatkan timbulnya perbedaan tekanan di kedua sisi sayap. Sisi atas sayap adalah daerah kecepatan tinggi sehingga tekanan rendah, sedangkan sisi bawah sayap tekannya hampir sama dengan tekanan udara (atmosfer).

Dari penjelasan di atas itu, terlihat bahwa tekanan udara di bawah sayap menjadi lebih besar dibandingkan dengan tekanan udara di atas sayap. Selisih tekanan antara sisi atas dan bawah sayap itulah yang menimbulkan gaya angkat pada sayap. Semakin besar selisih tekanan udara antara kedua sisi itu semakin besar gaya angkat yang di hasilkan.

- Syarat agar pesawat terbang dapat terbang apabila:

$$v_A > v_B$$

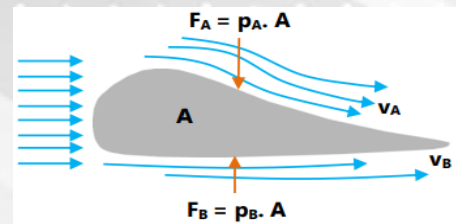
$$P_B > P_A$$

- Syarat bagi pesawat terbang saat mengudara:
 - a. Tinggal landas (take-off), $F_{\text{angkat}} > W$.
 - b. Terbang konstan, $F_{\text{angkat}} = W$.
 - c. Mendarat/turun (landing), $F_{\text{angkat}} < W$.

Berlaku persamaan:

$$F_B - F_A = (P_B - P_A) \cdot A$$

$$F_B - F_A = \frac{1}{2} \rho u (v_A^2 - v_B^2) A$$



Gambar Skema gaya angkat pesawat terbang

Jadi, pesawat terbang bisa naik atau turun bukan karena memiliki mesin yang dapat mendorong ke atas atau ke bawah. Mesin pesawat hanya menghasilkan gaya dorong ke arah depan. **Tetapi mengapa pesawat bisa naik dan turun?** Bahkan pesawat jet komersial bisa naik hingga ketinggian di atas 10 km dari permukaan laut. **Penyebabnya adalah struktur pesawat terbang yang dirancang sedemikian rupa sehingga mendapat gaya angkat oleh udara ketika bergerak ke arah depan. Salah satu sumber gaya angkat adalah gaya angkat Bernoulli yang terjadi pada sayap. Tetapi ini bukan satu-satunya gaya angkat pada pesawat.**



HASIL DISKUSI

KASUS 1 – LAJU ALIRAN AIR DARI INSTALASI KERAN – TANGKI



Pada suatu instalasi saluran air terdapat tandon/tangki dan 5 lubang keran di dasar tangki. Setelah tangki diisi penuh air, laju aliran air yang keluar dari keran ketika kelima keran dipakai sangat kecil, sehingga dirasa kurang efektif dalam penggunaannya.

Utarakan pendapatmu apa yang harus dilakukan agar laju aliran air yang keluar dari keran saat kelima keran digunakan bisa lebih besar!

JAWABAN

KASUS 2 – MENGUKUR LAJU ALIRAN MINYAK DALAM PIPA PERTAMINA

Bagaimanakah mengukur laju aliran minyak pada pipa-pipa penyalur minyak dari tempat pengilangan ke kapal tangker di pelabuhan. Karena minyak yang mengalir dalam pipa tidak dapat dilihat, maka diperlukan teknik khusus untuk mengukur laju alirannya tersebut.

Bagaimana pendapatmu terkait teknik khusus untuk mengukur laju alirannya tersebut? Jelaskan secara singkat cara kerjanya



JAWABAN



Kecelakaan pesawat Airbus A330-200 Air France nomor penerbangan 447 tanggal 1 Juni 2009 dengan rute Buenos Aires, Argentina ke Paris, Prancis jatuh ke samudera Atlantik dan menewaskan seluruh penumpang yang berjumlah 216 orang dan seluruh kru berjumlah 12 orang.

Buatlah sebuah hipotesis penyebab kecelakaan pesawat tersebut dengan petunjuk kerusakan pada pipa pitot!

JAWABAN

KASUS 4 – BAGAIMANA PESAWAT BISA TERBANG KE ATAS

Pesawat terbang bisa naik atau turun bukan karena memiliki mesin yang dapat mendorong ke atas atau ke bawah. Mesin pesawat hanya menghasilkan gaya dorong ke arah depan. Tetapi mengapa pesawat bisa naik dan turun? Bahkan pesawat jet komersial bisa naik hingga ketinggian di atas 10 km dari permukaan laut.

Jelaskan mengapa pesawat bisa naik ke atas saat terbang



JAWABAN

KASUS 5 – SEBUTKAN DAN JELASKAN CONTOH LAIN PENERAPAN AZAS BERNOULLI DALAM KAJIAN FLUIDA DINAMIS SELAIN KASUS-KASUS YANG TELAH SEBELUMNYA DIBAHAS

JAWABAN



INSTRUMEN PENILAIAN PENGETAHUAN

No	SOAL	Pedoman Penskoran
INDIKATOR SOAL : Menerapkan azas bernoulli dalam permasalahan kontekstual		
1	Sebuah Torn untuk menampung air disimpan di bagian atas rumah setinggi 3 m dari tanah seperti gambar di samping. Selanjutnya air dialirkan melalui pipa dan keluar pada keran <i>a</i>. a. Seandainya pipa yang digunakan untuk menyalurkan air, dipasang keran pada posisi 2 cm di atas permukaan air Torn, apakah air akan keluar atau tidak? Mengapa? b. Seandainya air yang keluar pada keran <i>a</i> kurang kencang, apa yang akan Anda lakukan agar air pada keran <i>a</i> mengalir kencang? c. Jika diameter pipa 2 cm, berapakah laju aliran air yang akan keluar dari keran <i>a</i>? d. Seandainya air pada Torn tinggal setengahnya semula, apakah laju air pada keran <i>a</i> juga setengah semula atau tidak? jelaskan? Lengkapi dengan perhitungan. e. Seandainya ujung pipa <i>a</i> dijadikan pancuran yang airnya jatuh pada wadah kubus bersisi 1 m seperti gambar 2. Hitung berapa menit waktu yang diperlukan air untuk memenuhi wadah?	(skor 1) (skor 3) (skor 1) (skor 3) (skor 2)
KUNCI JAWABAN		
a. Air tidak akan keluar karena tidak ada air di atas lubang tersebut b. Menaikkan lokasi torn lebih tinggi dari semula terhadap keran <i>a</i>, dan menjaga permukaan air pada torn untuk tetap setinggi 2 m terhadap dasar torn dengan cara menggunakan alarm otomatis pengisian air dari pompa c. Dari pers bernoulli didapat $v = \{2g(h_{atas} + h_{bawah})\}^{1/2} = \{2.10(2+3)\}^{1/2} = 10 \text{ m/s}$ d. Tidak, dari persamaan kelajuan pada keran <i>a</i> (di jawaban c) maka nilai laju air ketika air pada torn setengah semula yakni, $v = \{2g(h_{atas} + h_{bawah})\}^{1/2} = \{2.10(1+3)\}^{1/2} = 8,9 \text{ m/s}$ e. $Q = Av = (V/t) \rightarrow t = (V)/Av = (1 \text{ m}^3)/(3,14 \cdot 10^{-4})10 = 318 \text{ sekon} = 5,3 \text{ menit}$		
INDIKATOR SOAL : Menerapkan azas bernoulli dalam prinsip gaya angkat pesawat		
2	Sayap sebuah pesawat sangat penting untuk menghasilkan gaya angkat ke atas melalui desain sayap yang tepat yaitu melengkung di bagian atas dan lurus di bagian bawah seperti gambar. Besar kecil gaya angkat ini dikontrol melalui kecepatan pesawat (v_1). a. Jelaskan, bagaimana sayap dapat menghasilkan gaya angkat ke atas? b. Jelaskan, apa yang dilakukan Pilot agar gaya angkat bertambah saat <i>Take-off</i> dan agar gaya angkat berkurang saat <i>landing</i>? Hubungkan penjelasan Anda dengan membahas empat gaya yang bekerja pada sayap pesawat. c. Seandainya berat total pesawat $1,44 \times 10^6$ Newton dan luas kedua sayap (A) = 15 m^2, berapakah selisih tekanan minimum yang harus timbul agar pesawat terangkat? d. Seandainya massa jenis udara ($\rho_u = 1,2 \text{ kg/m}^3$) dan $v_2 = \sqrt{2} v_1$. Berapakah kecepatan minimum pesawat (v_1) agar dapat mengangkat pesawat yang berat totalnya seperti soal b? e. Berdasarkan data dari soal b dan c, andai saja kecepatan maksimum yang dapat dilakukan pesawat adalah $v_1 = 500 \text{ m/s}$, massa badan pesawat 120.000 kg, massa rata penumpang 70 kg, dan massa rata-rata bagasi tiap orang 40 kg. Berapakah jumlah orang maksimum yang dapat dibawa?	(skor 1) (skor 2) (skor 2) (skor 2) (skor 3)
KUNCI JAWABAN		
a. Dengan desain aerodinamis dan kondisi pesawat bergerak kedepan, akan menciptakan perbedaan kelajuan udara di atas dan di bawah sayap. Perbedaan kelajuan ini akan menimbulkan perbedaan tekanan di bagian atas dan bawah sayap, sehingga dari perbedaan tekanan inilah muncul gaya angkat ke atas sebesar $F = \Delta P \cdot A$ b. Pada saat <i>take off</i>, pilot akan mengubahnya menjadi 'bengkok' ke arah bawah. Buat apa? Ya, supaya pada bagian atas, kecepatan udaranya tinggi. Alhasil, tekanan di bagian itu akan menjadi lebih rendah daripada di bawah pesawat. Saat tekanan udara di bagian bawah sayap lebih tinggi, maka si udara akan bisa 'mengangkat' pesawat dan dia bisa <i>take off</i>. Dengan konsep sebaliknya, landing pun dilakukan dengan mengubah mode sayap 'bengkok ke arah atas'. Selain factor mode arah bengkok sayap, saat take off, kelajuan pesawat dipercepat dengan mesin pendorong, sebaliknya saat akan landing kelajuan pesawat diperlambat. c. $\Delta P = F/A = w/A = 1,44 \times 10^6 \cdot 15 = 21,6 \cdot 10^6 \text{ Pascal}$ d. $F = \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2)$ $1,44 \times 10^6 = \frac{1}{2} 1,2 \cdot 15 (2v_1^2 - v_1^2) \rightarrow v_1 = 400 \text{ m/s}$ e. $F = \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2)$ $w_{psw} + w_{org} + w_{bagasi} = \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2)$ $12 \times 10^5 + N(700+400) = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 15 (2,5 \times 10^5 - 1,25 \times 10^5) \rightarrow N = 68 \text{ PENUMPANG}$		

INSTRUMEN PENILAIAN KETERAMPILAN

Penilaian Portofolio

No	Aspek yang Dinilai	Sangat Baik (100)	Baik (90)	Cukup (80)	Kurang baik (75)	Belum baik (60)
1	Kesesuaian solusi terhadap permasalahan					
2	Kreativitas penyajian solusi permasalahan					
3	Pemilihan bahasa dalam komunikasi tulisan					

Kriteria penilaian (skor)

100 = Sangat Baik

90 = Baik

80 = cukup

75 = kurang Baik

60 = belum baik

INSTRUMEN PENILAIAN SIKAP

Penilaian Observasi

Penilaian observasi berdasarkan pengamatan sikap dan perilaku peserta didik sehari-hari, baik terkait dalam proses pembelajaran maupun secara umum. Pengamatan langsung dilakukan oleh guru. Berikut contoh instrumen penilaian sikap

No	Nama Siswa	Aspek Perilaku yang Dinilai				Jumlah Skor	Skor Sikap	Kode Nilai
		BK	KR	KM	KB			
1								
2		...	...	...	...	...	...	...
3		...	...	...	...	...	...	...
4		...	...	...	...	...	...	...
5		...	...	...	...	...	...	...

Keterangan :

- BK : Berpikir Kritis
- KR : Kreatif
- KM : Komunikatif
- KB : Kolaboratif

Catatan :

1. Aspek perilaku dinilai dengan kriteria:

100 = Sangat Baik

90 = Baik

80 = cukup

75 = kurang Baik

60 = belum baik

2. Skor maksimal = jumlah sikap yang dinilai dikalikan jumlah kriteria = $100 \times 4 = 400$

3. Skor sikap = jumlah skor dibagi jumlah sikap yang dinilai = $275 : 4 = 68,75$

4. Kode nilai / predikat :

90 - 100 = Sangat Baik

80 - 90 = Baik

75 - 80 = cukup

60 - 75 = kurang Baik

< 60 = belum baik