FLUIDA DINAMIS ITU SERU!

Gerakan Air yang Penuh Misteri dan Manfaat!

Apa itu Fluida Dinamis?

Fluida Dinamis = Fluida yang Mengalir
Zat cair atau gas yang bergerak dari satu tempat ke tempat lain.

Sifat Fluida Dinamis:

- Mengalir dari tekanan tinggi ke rendah
- Kecepatan berubah jika ukuran jalurnya berubah



Penulis: Intan Diah Ayu Lestari

LIVEWORKSHEETS

Kelas XI

Lembar kerja Materi Fisika

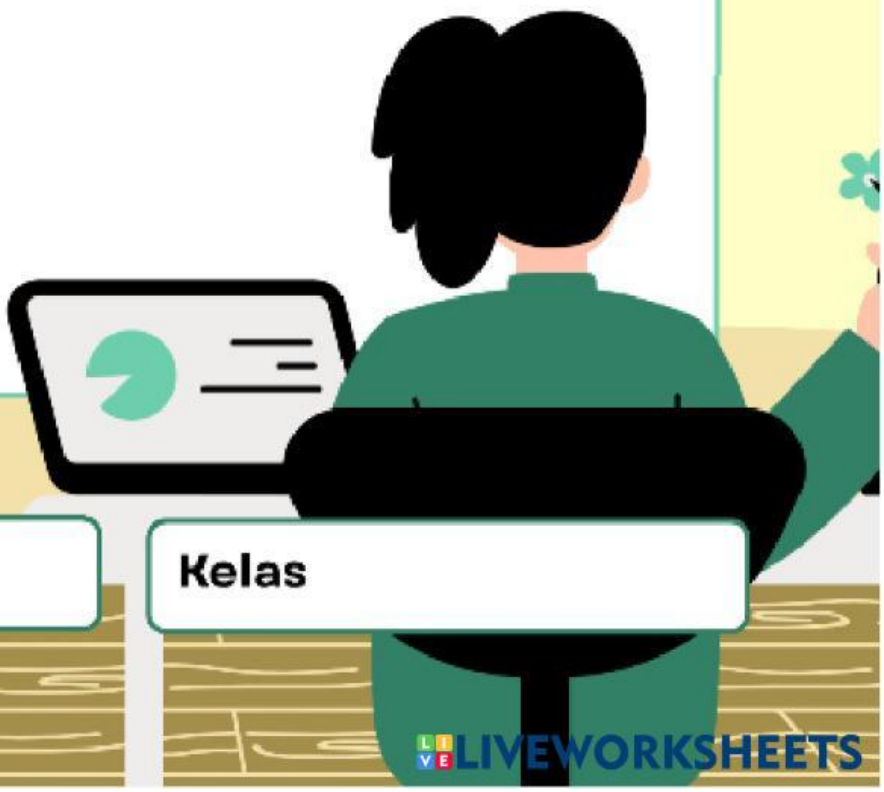
FLUIDA DINAMIS





$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

$E = mc^2$



Nama:

Kelas

LIVEWORKSHEETS

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga E-Modul Interaktif & Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Fisika SMA/MA Kelas XI pada materi Fluida Dinamis (Hukum Bernoulli) ini dapat tersusun dengan baik. E-modul ini disusun mengacu pada penyesuaian Kurikulum Merdeka terbaru berdasarkan Permendikdasmen Nomor 13 Tahun 2025 serta Keputusan Kepala BSKAP Kemendikdasmen tentang Capaian Pembelajaran (CP) Fase F dengan menerapkan pendekatan Pembelajaran Mendalam (Deep Learning) yang berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan serta terintegrasi pendekatan STEM.

Di dalam e-modul ini telah dimasukkan secara lengkap seluruh uraian materi Fluida Dinamis (Modul 1–4) yang disintesis dari 25 sumber referensi buku teks fisika dan artikel jurnal pendidikan fisika bereputasi, lengkap dengan rumus persamaan Equation Word, video pembelajaran via QR Code, simulasi virtual PhET, LKPD 1 & LKPD 2 Terintegrasi STEM, lembar kerja ilustrasi (LKPD 3 Lengkapi Jalur Air dan LKPD 4 Tebak Cepat beserta Kunci Jawabannya), serta paket Soal Evaluasi Akhir sebanyak 25 soal (15 soal pilihan ganda dan 10 soal esai).

Saya menyadari e-modul ini masih memiliki ruang untuk penyempurnaan. Kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan demi perbaikan bahan ajar ini ke depannya. Selamat belajar dan bereksplorasi!

Bandar Lampung, November 2026
Penulis,

Intan Diah Ayu Lestari

LIVEWORKSHEETS

DAFTAR ISI

Halaman 1 — Sampul Utama: Fluida Dinamis Itu Seru!	1
Halaman 2 — Identitas Peserta Didik: Fluida Dinamis (Nama & Kelas)	2
Halaman 3 — Kata Pengantar	3
Halaman 4 — Daftar Isi	4
Halaman 5 — Pendekatan Pembelajaran Mendalam, Keterampilan Abad 21, & Petunjuk Belajar	5
Halaman 6 — Capaian Pembelajaran (CP), Tujuan Pembelajaran (TP), dan ATP (Kemendikdasmen)	**6**
Halaman 7 — Peta Konsep & Kata Kunci	7
Halaman 8 — Modul 1: Konsep Fluida Ideal dan Jenis Aliran	**8**
Halaman 9 — Modul 2: Debit dan Prinsip Asas Kontinuitas	**9**
Halaman 10 — LKPD 1: Penyelidikan Debit dan Asas Kontinuitas (Simulasi PhET)	**10**
Halaman 11 — Modul 3: Hukum Bernoulli	**11**
Halaman 12 — Modul 4: Aplikasi Hukum Bernoulli dalam Teknologi	**12**
Halaman 13 — LKPD 2: Hukum Bernoulli & Proyek Rekayasa Venturi Sprayer (STEM)	**13**
Halaman 14 — LKPD 3 (Lembar Kerja Ilustrasi): Lengkapi Jalur Air!	**14**
Halaman 15 — LKPD 4 (Lembar Kerja Ilustrasi): Tebak Cepat! (Menjodohkan Istilah)	**15**
Halaman 16 — Rangkuman Materi	16
Halaman 17–19 — Soal Evaluasi Akhir (15 Pilihan Ganda & 10 Esai)	**17–19**
Halaman 20–22 — Glosarium, Kunci Jawaban Evaluasi (25 Soal), & Kunci Jawaban LKPD	**20–22**
Halaman 23 — Daftar Pustaka (25 Sumber Referensi Terintegrasi dalam Teks)	23

LIVEWORKSHEETS

PENDEKATAN PEMBELAJARAN MENDALAM & KETERAMPILAN ABAD 21

Selaras dengan Permendikdasmen Nomor 13 Tahun 2025 tentang penyesuaian Kurikulum Merdeka, e-modul ini menerapkan pendekatan Pembelajaran Mendalam (Deep Learning) yang memuliakan peserta didik melalui suasana belajar yang berkesadaran (mindful), bermakna (meaningful), dan menggembirakan (joyful) lewat olah pikir, olah hati, olah rasa, dan olah raga secara holistik. Integrasi STEM dan keterampilan abad ke-21 diwujudkan melalui:

- **Komunikatif (Communication):** Menyampaikan gagasan dan hasil penyelidikan fisis secara lisan maupun tertulis.
- **Kolaboratif (Collaboration):** Bekerja sama dalam kelompok saat mengeksplorasi simulasi PhET dan merancang alat rekayasa.
- **Kreativitas dan Inovasi (Creativity & Innovation):** Mengembangkan desain purwarupa alat penyemprot berbasis prinsip Venturi.
- **Berpikir Kritis (Critical Thinking):** Menganalisis fenomena fluida dinamis secara kritis untuk mengatasi miskonsepsi konsep.

PETUNJUK BELAJAR

1. Petunjuk Bagi Siswa

- Tuliskan Nama dan Kelas pada halaman identitas peserta didik (Halaman 2).
- Amati setiap ilustrasi visual fenomena sehari-hari di awal modul, lalu tuliskan prediksi atau jawabanmu pada kolom 'Ayo Berpikir & Prediksi'.
- Pindai QR Code menggunakan kamera ponselmu untuk langsung masuk ke video pembelajaran YouTube dan laboratorium virtual PhET.
- Kerjakan seluruh rangkaian LKPD (LKPD 1 PhET, LKPD 2 Proyek Venturi Sprayer, LKPD 3 Lengkapi Jalur Air, dan LKPD 4 Tebak Cepat!) serta Soal Evaluasi Akhir (15 pilihan ganda dan 10 esai).

2. Petunjuk Bagi Guru

- Membimbing siswa dalam pembelajaran mendalam melalui observasi fenomena, perumusan hipotesis, dan eksperimen virtual PhET.
- Memfasilitasi diskusi kelompok pada pengerjaan LKPD 1–4 serta memberikan umpan balik formatif maupun sumatif.

LIVEWORKSHEETS

CAPAIAN PEMBELAJARAN (CP), TP, DAN ATP (KEMENDIKDASMEN)

Acuan Resmi: Permendikdasmen Nomor 13 Tahun 2025 & Keputusan Kepala BSKAP Kemendikdasmen tentang Capaian Pembelajaran Mata Pelajaran Fisika Fase F (Kelas XI dan XII SMA/MA).

Elemen CP Fisika Fase F	Rumusan Capaian Pembelajaran (Kemendikdasmen)
1. Pemahaman Fisika	Pada akhir Fase F, murid memiliki kemampuan menganalisis hubungan gerak dan gaya serta pemanfaatannya untuk menjelaskan fenomena alam, desain, atau rekayasa struktur; membuat karya yang menunjukkan penerapan hukum fluida dalam kehidupan sehari-hari; menganalisis konsep kalor dan termodinamika serta penerapannya untuk menganalisis dampak perubahan iklim; menganalisis gejala gelombang dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari; mengevaluasi rangkaian listrik sederhana; menganalisis fenomena elektromagnetik; menganalisis teori dasar fisika modern dan pengaruhnya terhadap perkembangan teknologi; serta menerapkan teori dasar digital dalam kehidupan sehari-hari.
2. Keterampilan Proses	Menerapkan keterampilan proses inkuiri sains yang mencakup: (1) Mengamati fenomena ilmiah; (2) Mempertanyakan dan memprediksi serta merumuskan hipotesis; (3) Merencanakan dan melakukan penyelidikan; (4) Memproses, menganalisis data dan informasi serta menyimpulkan; (5) Mengevaluasi dan merefleksi; serta (6) Mengomunikasikan hasil penyelidikan dan karya rekayasa secara sistematis.

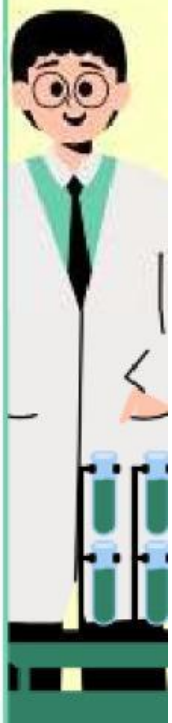
Tujuan Pembelajaran (TP) & Alur Tujuan Pembelajaran (ATP)

Kode ATP	Tujuan Pembelajaran (TP)	Bagian Modul & LKPD	JP
11.FD.1	Menentukan ciri-ciri fluida ideal serta membedakan aliran laminer dan turbulen.	Modul 1	2 JP
11.FD.2	Menerapkan persamaan debit dan asas kontinuitas untuk menganalisis hubungan luas penampang dengan kelajuan fluida.	Modul 2 & LKPD 1	2 JP

LIVEWORKSHEETS

11.FD.3	Menurunkan dan menerapkan persamaan Hukum Bernoulli dalam menyelesaikan permasalahan fluida bergerak.	Modul 3	3 JP
11.FD.4	Menghitung kelajuan aliran fluida dan gaya angkat pada tangki bocor, venturimeter, tabung pitot, penyemprot, dan sayap pesawat.	Modul 4	3 JP
11.FD.5	Melakukan penyelidikan virtual, merancang purwarupa sederhana berbasis prinsip Bernoulli, serta menyelesaikan LKPD interaktif.	LKPD 2, 3, & 4	2 JP





LIVEWORKSHEETS

PETA KONSEP & KATA KUNCI

KONSEP FLUIDA DINAMIS	HUKUM & PERSAMAAN	APLIKASI HUKUM BERNOULLI
• Fluida Ideal • Aliran Laminer • Aliran Turbulen	Prinsip Kontinuitas: $Q_1 = Q_2$ $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$	• Penyempitan ujung selang • Aliran darah dalam pembuluh
• Kekekalan Energi Mekanik pada Fluida	Hukum Bernoulli: $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$	• Pipa Bocor (Teorema Torricelli) • Venturimeter & Tabung Pitot
• Hubungan Kecepatan & Tekanan (v besar → P kecil)	Gaya Angkat Sayap: $F_angkat = \frac{1}{2}\rho(V_{atas}^2 - V_{bawah}^2)A$	• Sayap Pesawat Terbang • Alat Penyemprot Parfum/Nyamuk

Kata Kunci

Aliran Laminer • Aliran Turbulen • Fluida Ideal • Debit • Persamaan Kontinuitas • Asas Bernoulli • Hukum Bernoulli • Gaya Angkat Pesawat • Tabung Pitot • Teorema Torricelli • Venturimeter

LIVEWORKSHEETS

MODUL 1	KONSEP FLUIDA IDEAL DAN JENIS ALIRAN

Indikator: 11.FD.1 Menentukan ciri-ciri fluida ideal serta membedakan aliran laminer dan turbulen.
Tujuan Pembelajaran: Melalui pengamatan video dan diskusi kelompok, peserta didik mampu menjelaskan konsep fluida ideal dan jenis aliran fluida dengan tepat.

Video 1: Aliran Darah Manusia & Proses Penyumbatan Pembuluh Darah (Atherosclerosis)
Scan QR / Klik: https://www.youtube.com/watch?v=jRQB4bPwtDk

Fluida dinamis adalah fluida (zat cair maupun gas) yang berada dalam keadaan bergerak atau mengalir. Dalam mekanika fluida, aliran zat alir secara umum dibedakan menjadi aliran laminer (lapisan fluida bergerak mulus sejajar tanpa saling berpotongan) dan aliran turbulen (aliran tak beraturan yang ditandai terbentuknya pusaran-pusaran kecil akibat kecepatan tinggi atau hambatan). Untuk mempermudah analisis matematis, fluida yang dikaji dimodelkan sebagai fluida ideal dengan empat karakteristik utama:

- **1. Tidak kompresibel (tidak termampatkan):** Volume dan massa jenis fluida (ρ) tetap konstan meskipun mengalami perubahan tekanan.
- **2. Tidak mengalami gesekan (non-viskos):** Pada saat fluida mengalir, gaya gesekan internal (viskositas) antar lapisan fluida maupun antara fluida dengan dinding pipa diabaikan.
- **3. Aliran stasioner (tunak / steady flow):** Kecepatan, tekanan, dan massa jenis fluida pada setiap titik tertentu tidak berubah terhadap waktu.
- **4. Aliran tidak berotasi (irrotational):** Setiap partikel fluida bergerak mengikuti garis arus (streamline) tanpa berputar terhadap pusat massanya.

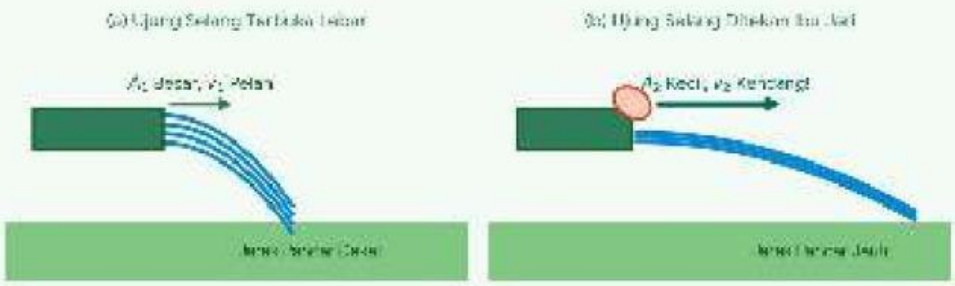
Cek Pemahaman: Tantangan Cepat Modul 1: Sebutkan 2 contoh aliran laminer dan 2 contoh aliran turbulen yang pernah kamu lihat di rumah atau di alam! Jawabanmu:

.....
...

LIVEWORKSHEETS

MODUL 2	DEBIT DAN PRINSIP ASAS KONTINUITAS

Indikator: 11.FD.2 Menerapkan persamaan debit dan asas kontinuitas untuk menganalisis hubungan luas penampang dengan kelajuan fluida.
Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menghitung debit aliran dan kelajuan fluida pada pipa berpenampang berbeda menggunakan persamaan kontinuitas.



Ilustrasi Fenomena: Menyiram Tanaman dengan Selang Air

Perhatikan perbandingan pada gambar di atas! Ketika ujung selang dibiarkan terbuka lebar (kiri), air mengalir pelan dan jatuh dekat. Namun, ketika ujung selang ditekan sebagian dengan ibu jari sehingga lubang keluarannya menyempit (kanan), pancaran air melesat jauh lebih kencang dan menjangkau tempat yang lebih jauh!

Ayo Berpikir & Prediksi: *Jika luas lubang ujung selang diperkecil menjadi setengahnya, apakah volume air yang keluar per detik berkurang atau tetap sama?*
Tulis dugaanmu: .....

Video 2: Penjelasan Konsep Debit dan Asas Kontinuitas Fluida Dinamis Kelas XI
Scan QR / Klik: https://youtu.be/vNCm4Oq8w6k

Debit aliran (Q) didefinisikan sebagai banyaknya volume fluida (V) yang mengalir melalui suatu penampang pipa tiap satuan waktu (t). Berdasarkan hukum kekekalan massa untuk fluida tak termampatkan, debit fluida di setiap penampang pipa selalu konstan (Asas Kontinuitas), meskipun penelitian menunjukkan banyak peserta didik keliru menganggap debit ikut mengecil saat pipa menyempit:

$$Q = \frac{V}{t} = A \cdot v \qquad \text{dan} \qquad Q_1 = Q_2 \Leftrightarrow A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

LIVEWORKSHEETS

Q = debit (m^3/s), V = volume (m^3), t = waktu (s), A = luas penampang (m^2), v = kelajuan (m/s), d = diameter (m)

Contoh Soal Modul 2

Soal: Air mengalir melalui pipa horizontal dengan diameter penampang besar $d_1 = 8$ cm dan diameter penampang kecil $d_2 = 4$ cm. Jika kelajuan air pada penampang besar $v_1 = 1{,}5$ m/s, tentukan kelajuan air pada penampang kecil (v_2)!

$$v_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2} \cdot v_1 = \frac{8^2}{4^2} \cdot 1{,}5 = 4 \cdot 1{,}5 = 6 \text{ m/s}$$

LIVEWORKSHEETS

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) 1 — TERINTEGRASI STEM
PENYELIDIKAN DEBIT ALIRAN DAN ASAS KONTINUITAS

Kelompok / Kelas :	Tanggal / Waktu : ..... / 1 × 45 Menit
Anggota Kelompok : 1. ..... 3. ..... 2. ..... 4.	Pembagian Peran STEM: [ ] Ketua Tim [ ] Operator PhET [ ] Pengolah Data [ ] Presenter Hasil

A. Tujuan & Rumusan Masalah (Science)

Tujuan: Membuktikan hubungan antara luas penampang pipa (A) dan kelajuan aliran fluida (v) pada debit konstan melalui penyelidikan interaktif.
Rumusan Masalah: Bagaimana pengaruh perubahan luas penampang pipa terhadap kelajuan aliran fluida jika debit dijaga konstan?
Hipotesis
Kelompok:.....
...

B. Penyelidikan Virtual PhET (Technology & Mathematics)

Simulasi Virtual PhET: Scan QR / Klik Tautan untuk membuka PhET 'Fluid Pressure and Flow' (tab Flow). Atur Flow Rate = 4.000 L/s (4 m^3/s). Variasikan luas penampang pipa pada 3 ukuran berbeda, lalu ukur luas (A) dan kelajuan (v) dengan Speedometer! Scan QR / Klik: https://phet.colorado.edu/in/simulations/fluid-pressure-and-flow	

Kondisi Pipa	Luas Penampang A (m^2)	Kelajuan Aliran v (m/s)	Debit Q = A · v (m^3/s)
1. Penampang Lebar	.....	.....	.....
2. Penampang Sedang	.....	.....	.....

LIVEWORKSHEETS

3. Penampang Sempit	.....	.....	.....

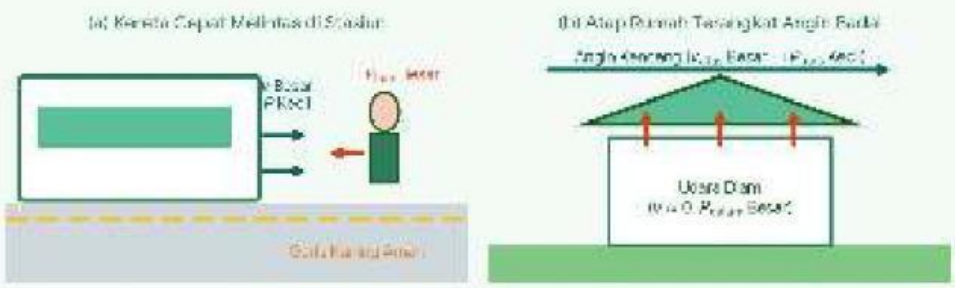
C. Analisis Data & Kesimpulan LKPD 1

1. Ketika luas penampang pipa (A) diperkecil, kelajuan aliran (v) menjadi [ ] lebih besar / [ ] lebih kecil.
2. Apakah nilai debit $Q = A \cdot v$ pada ketiga percobaan bernilai tetap (konstan)? Jelaskan alasannya!
   Jawab:
   .....
   .....
3. Kesimpulan Kelompok:
   .....
   .....

LIVEWORKSHEETS

MODUL 3	HUKUM BERNOULLI

Indikator: 11.FD.3 Menurunkan dan menerapkan persamaan Hukum Bernoulli dalam menyelesaikan permasalahan fluida bergerak.
Tujuan Pembelajaran: Peserta didik mampu menjelaskan hubungan tekanan, kelajuan, dan ketinggian fluida berdasarkan persamaan Hukum Bernoulli.



Ilustrasi Fenomena: Kereta Api Ekspres & Atap Rumah Saat Angin Kencang

Mengapa penumpang kereta api wajib berdiri di belakang garis kuning pengaman saat kereta cepat melintas (kiri), dan mengapa angin badai yang bertiup kencang di atas atap rumah dapat menerbangkan atap ke atas (kanan)? Keduanya terjadi karena aliran udara yang bergerak cepat memiliki tekanan statis yang lebih rendah!

Ayo Berpikir & Prediksi: *Manakah yang memiliki tekanan udara lebih besar: di atas atap yang tertiup angin kencang atau di dalam ruangan rumah yang udaranya diam?*
[ ] Di atas atap [ ] Di dalam rumah

Video 3: Animasi Hukum Bernoulli dan Hubungan Kecepatan terhadap Tekanan Fluida
Scan QR / Klik: https://youtu.be/nyhgfToiZP0

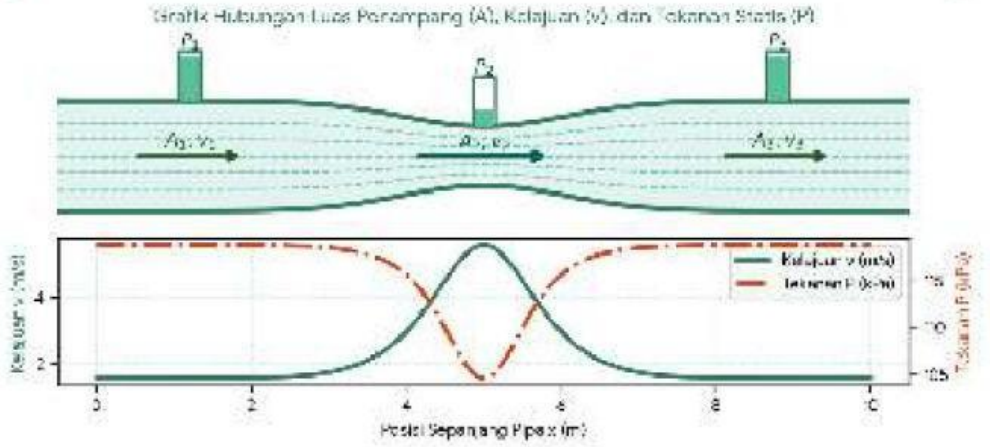
Daniel Bernoulli (1700–1782) merumuskan hubungan antara tekanan statis (P), kelajuan aliran (v), dan ketinggian (h) pada fluida ideal yang bergerak berdasarkan hukum kekekalan energi mekanik $(\Delta E_K + \Delta E_P)$:

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

$$\text{Pipa mendatar } (h_1 = h_2): \; P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Asas Bernoulli: Pada ketinggian sama, di tempat kelajuan fluida besar (v besar) tekanan statisnya kecil (P kecil).

LIVEWORKSHEETS



LIVEWORKSHEETS