KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI • UNIVERSITAS LAMPUNG
PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA • FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

ELEKTRONIK LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (E-LKPD) INTERAKTIF

FLUIDA STATIS DAN FLUIDA DINAMIS

Terintegrasi Pendekatan **STEM** (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*)
Berbantuan Platform Interaktif **Liveworksheets** untuk SMA/MA Kelas XI Fase F

Eksplorasi Fenomena Mekanika Fluida dalam Rekayasa Modern:
Tekanan Hidrostatis & Hukum Pokok Hidrostatika • Hukum Pascal & Sistem Hidrolik • Hukum Archimedes, Tegangan Permukaan, & Kapilaritas • Debit Aliran & Persamaan Kontinuitas • Asas Bernoulli, Teorema Torricelli, Venturimeter, & Aerodinamika Sayap Pesawat.

KOLOM IDENTITAS PESERTA DIDIK (ISILAH DI LIVEWORKSHEETS)	
Nama Lengkap Peserta Didik	
Kelas / Fase	(Fase F — Kelas XI SMA/MA)
Kelompok Belajar	
Asal Sekolah	
Tanggal Pengerjaan	

Disusun Oleh:
INTAN DIAH AYU LESTARI
Magister Pendidikan Fisika • Universitas Lampung • Tahun 2026

Kata Pengantar

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) Fisika berbasis pendekatan **STEM** (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) pada materi **Fluida Statis dan Fluida Dinamis** untuk peserta didik SMA/MA Kelas XI Fase F ini dapat tersusun dengan baik.

LIVEWORKSHEETS

E-LKPD ini dirancang khusus untuk diimplementasikan melalui platform interaktif **Liveworksheets**. Penyajian aktivitas mengintegrasikan empat disiplin STEM secara utuh agar peserta didik tidak hanya menghafal persamaan matematis fluida, tetapi mampu menganalisis fenomena fisis di alam, memanfaatkan simulasi laboratorium virtual PhET, merancang solusi rekayasa sederhana (prototipe dongkrak hidrolik dan venturimeter), serta melakukan pemodelan kuantitatif secara akurat.

Bandar Lampung, November 2026 — Penyusun: *Intan Diah Ayu Lestari* (Magister Pendidikan Fisika, Universitas Lampung).

Identitas Perangkat & Kerangka Pembelajaran STEM

Komponen Perangkat	Spesifikasi Pembelajaran
Mata Pelajaran / Fase	Fisika / Fase F (Kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka)
Topik Utama	Bagian I: Fluida Statis & Bagian II: Fluida Dinamis
Alokasi Waktu Total	12 Jam Pelajaran (6 Pertemuan @ 2 × 45 Menit)
Pendekatan / Model	STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) & *Engineering Design Process*
Platform Interaktif	Liveworksheets & PhET Interactive Simulations (University of Colorado Boulder)

Capaian Pembelajaran (CP) & Tujuan Pembelajaran (TP)

CAPAIAN PEMBELAJARAN (CP) FISIKA FASE F

Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip fluida statis dan fluida dinamis dalam menyelesaikan permasalahan kehidupan sehari-hari serta merancang rekayasa teknologi sederhana berbasis prinsip mekanika fluida dengan memanfaatkan perangkat digital dan analisis matematis yang tepat.

1. Menganalisis hubungan kedalaman, massa jenis fluida, dan percepatan gravitasi terhadap besar tekanan hidrostatis melalui penyelidikan virtual dan pemodelan matematis.
2. Menerapkan prinsip Hukum Pascal dalam merancang dan menghitung keuntungan mekanis sistem hidrolik sederhana.
3. Menyelidiki gaya ke atas (gaya Archimedes) pada benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya dalam fluida serta menganalisis gejala tegangan permukaan, kapilaritas, dan viskositas.
4. Merumuskan dan menerapkan persamaan kontinuitas untuk menganalisis hubungan luas penampang terhadap kelajuan aliran fluida ideal.
5. Menganalisis hubungan tekanan, kelajuan, dan ketinggian fluida menggunakan Asas Bernoulli pada kasus tangki bocor, venturimeter, tabung pitot, dan gaya angkat sayap pesawat.

LIVEWORKSHEETS

6. Merancang, menguji, dan mengevaluasi purwarupa proyek rekayasa berbasis fluida melalui siklus *Engineering Design Process* (Ask, Imagine, Plan, Create, Improve).

Pilar STEM	Peran dalam Pembelajaran E-LKPD Fluida
Science (Sains)	Mengkaji hukum-hukum mekanika fluida (Tekanan Hidrostatis, Hukum Pascal, Hukum Archimedes, Kontinuitas, dan Asas Bernoulli) sebagai dasar fenomena alam.
Technology (Teknologi)	Memanfaatkan simulasi virtual PhET (*Under Pressure* & *Fluid Pressure and Flow*) serta pengerjaan lembar kerja digital interaktif pada Liveworksheets.
Engineering (Rekayasa)	Menerapkan tahapan *Engineering Design Process* (EDP) untuk merancang dan menguji prototipe dongkrak hidrolik dan alat ukur laju aliran venturimeter.
Mathematics (Matematika)	Melakukan penurunan persamaan matematis, konversi satuan SI, analisis tabel variasi variabel, serta perhitungan persentase galat percobaan.

Petunjuk Pengerjaan di Platform Liveworksheets

1. Pastikan perangkat (laptop, tablet, atau smartphone) terhubung dengan internet yang stabil, lalu buka tautan Liveworksheets yang dibagikan oleh guru.
2. Isilah identitas lengkap pada halaman pertama sebelum mulai mengerjakan aktivitas.
3. **Kotak Isian Berwarna Pink Muda:** Klik di dalam kotak lalu ketik angka hasil perhitungan atau kata kunci jawaban yang diminta (gunakan tanda koma untuk bilangan desimal sesuai satuan yang tertera).
4. **Menu Pilihan (Drop-down):** Klik panah pada kotak pilihan untuk memilih istilah fisis yang paling tepat.
5. **Kotak Centang & Pilihan Ganda:** Klik kotak kecil di samping pernyataan yang benar atau klik opsi A, B, C, atau D.
6. **Seret & Lepas (Drag & Drop):** Tekan dan seret label komponen ke dalam kotak sasaran yang sesuai.
7. **Menarik Garis (Join):** Arahkan kursor pada ikon persegi di kolom kiri hingga muncul ikon pensil, lalu tarik garis menuju pasangan yang tepat di kolom kanan.
8. Setelah selesai mengerjakan seluruh bagian, klik tombol **FINISH!** di bagian bawah halaman, pilih **Send my answers to my teacher**, lalu masukkan nama, kelas, mata pelajaran (Fisika), dan email/kode kelas guru.

BAGIAN I: FLUIDA STATIS • KEGIATAN BELAJAR 1

Tekanan Hidrostatis dan Hukum Pokok Hidrostatika

LIVEWORKSHEETS

1. STIMULUS FENOMENA (SCIENCE & ENGINEERING CONTEXT)

Mengapa Dinding Bendungan Dibuat Semakin Tebal ke Bagian Dasar?

Perhatikan konstruksi Bendungan Way Sekampung di Provinsi Lampung atau bendungan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) lainnya. Jika diamati secara melintang (berbentuk trapesium), bagian puncak bendungan tampak ramping, sedangkan bagian dasarnya dibangun jauh lebih tebal dan kokoh. Demikian pula pada kapal selam eksplorasi laut dalam: lambung kapal dibuat menggunakan baja paduan titanium berdinding tebal dengan batas kedalaman selam maksimum tertentu agar tidak remuk akibat tekanan hidrostatis air laut.

Aktivitas 1.1 • Rumusan Masalah Ilmiah (Isian Uraian Terbuka)

Berdasarkan stimulus di atas, rumuskan 2 pertanyaan penyelidikan ilmiah mengenai hubungan antara kedalaman zat cair, massa jenis fluida, dan kekuatan struktur bangunan air:

2. Landasan Konsep & Formulasi Matematis (Science & Mathematics)

Fluida statis adalah fluida yang berada dalam fase tidak bergerak (diam) atau dalam keadaan setimbang tanpa tegangan geser antar lapisan fluida. Meskipun diam, fluida memberikan gaya tekan tegak lurus terhadap setiap permukaan yang bersentuhan dengannya.

Konsep Fisis	Persamaan Matematis	Keterangan Besaran & Satuan SI
Massa Jenis (ρ)	$\rho = m / V$	ρ = massa jenis (kg/m^3); m = massa (kg); V = volume (m^3)
Tekanan Hidrostatis (P_h)	$P_h = \rho \cdot g \cdot h$	P_h = tekanan hidrostatis (Pa atau N/m^2); g = gravitasi (m/s^2); h = kedalaman dari permukaan bebas (m)
Tekanan Mutlak (P)	$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$	P_0 = tekanan atmosfer luar ($\approx 1{,}01 \times 10^5$ Pa = 1 atm)
Hukum Pokok Hidrostatika	$\rho_1 \cdot g \cdot h_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2$	Semua titik pada bidang datar sejajar dalam satu fluida homogen memiliki tekanan yang sama.

LIVEWORKSHEETS

Aktivitas 1.2 • Menjodohkan Konsep & Besaran (Tarik Garis / Join Arrows)

Tarik garis dari kotak di kolom kiri menuju pasangan konsep yang tepat di kolom kanan:

Besaran / Prinsip Fluida Statis	Deskripsi & Karakteristik Fisis
1. Tekanan Hidrostatis (P_h) ☐	☐ [A] Bernilai sekitar 1,013 × 10^5 Pa pada permukaan laut
2. Tekanan Atmosfer Standar (P_0) ☐	☐ [B] Bergantung pada massa jenis dan kedalaman, bukan bentuk wadah
3. Paradoks Hidrostatis ☐	☐ [C] Gaya berat kolom zat cair per satuan luas di kedalaman h
4. Pipa U (Hukum Pokok Hidrostatika) ☐	☐ [D] Digunakan menentukan massa jenis dua zat cair tak bercampur

3. Eksplorasi Simulasi Virtual PhET *Under Pressure* (Technology)

1. Buka simulasi virtual **PhET Interactive Simulations: Under Pressure** pada tab peramban baru.
2. Centang opsi **Ruler** (Penggaris) dan **Grid** (Kisi), lalu pilih satuan **Metric** (kPa).
3. Seret alat pengukur tekanan (*Pressure Gauge*) ke dalam tangki air pada kedalaman h = 1,0 m, 2,0 m, dan 3,0 m.
4. Ubah variabel **Fluid Density** menjadi Bensin (700 kg/m^3), Air (1.000 kg/m^3), dan Madu (1.420 kg/m^3) pada kedalaman tetap h = 2,0 m, lalu isilah tabel berikut (gunakan P_0 = 101,3 kPa dan g = 9,8 m/s^2):

No	Jenis Fluida	Massa Jenis ρ (kg/m^3)	Kedalaman h (m)	Tekanan Mutlak P (kPa)	Tekanan Hidrostatis P_h (kPa)
1	Air (*Water*)	1.000	1,0	111,1	9,8
2	Air (*Water*)	1.000	2,0		
3	Air (*Water*)	1.000	3,0		
4	Bensin (*Gasoline*)	700	2,0		
5	Madu (*Honey*)	1.420	2,0		

LIVEWORKSHEETS

Aktivitas 1.3 • Kesimpulan Eksplorasi Simulasi (Menu Pilihan / Drop-down)

Lengkapilah kesimpulan dari tabel simulasi PhET di atas dengan memilih opsi pada menu tarik-turun:

- Pada massa jenis fluida tetap, semakin besar kedalaman titik ukur, maka tekanan hidrostatisnya semakin [Pilih opsi ▼], sehingga keduanya memiliki hubungan yang [Pilih opsi ▼].
- Pada kedalaman yang sama (h = 2,0 m), fluida yang menghasilkan tekanan hidrostatis paling besar adalah [Pilih opsi ▼].

4. Tantangan Rekayasa & Pemodelan Matematis (Engineering & Mathematics)

STUDI KASUS PIPA U & KACA JENDELA KAPAL SELAM

Masalah 1 (Pipa U): Sebuah pipa U mula-mula diisi air (ρ_{air} = 1.000 kg/m^3). Kemudian pada kaki kanan dituangkan minyak kelapa setinggi 10 cm sehingga permukaan air di kaki kiri naik 4 cm dari garis batas awal (selisih tinggi permukaan air kedua kaki = 8 cm). Tentukan massa jenis minyak kelapa tersebut!

Masalah 2 (Kaca Jendela Kapal Selam): Sebuah kapal selam mini penelitian menyelam hingga kedalaman 150 m di bawah permukaan laut (ρ_{laut} = 1.025 kg/m^3, g = 10 m/s^2). Jendela pengamat berbentuk lingkaran memiliki luas penampang 0,05 m^2. Hitunglah tekanan hidrostatis dan gaya total air laut yang menekan kaca jendela tersebut!

Aktivitas 1.4 • Perhitungan Numerik Terstruktur (Auto-Grading)

1. Tinggi kolom air penyeimbang pada Pipa U (h_{air}) = _____ cm = _____ m
2. Massa jenis minyak kelapa (ρ_{minyak}) = _____ kg/m^3
3. Tekanan hidrostatis air laut pada kedalaman 150 m (P_h) = _____ Pa
4. Gaya hidrostatis yang menekan kaca jendela kapal selam ($F_h = P_h \times A$) = _____ N

Aktivitas 1.5 • Latihan Interaktif Kegiatan Belajar 1 (Checkboxes & Pilihan Ganda)

LIVEWORKSHEETS

1. Centanglah tiga pernyataan yang BENAR mengenai sifat Tekanan Hidrostatis:

☐ Tekanan hidrostatis pada dasar bejana bergantung pada tinggi permukaan zat cair dari dasar.

☐ Bejana yang memiliki luas alas lebih lebar selalu memiliki tekanan hidrostatis dasar lebih besar.

☐ Pada kedalaman yang sama di dalam air raksa, tekanan hidrostatisnya lebih besar daripada di dalam air.

☐ Tekanan hidrostatis bekerja ke segala arah dengan besar yang sama pada suatu titik kedalaman.

2. Seorang penyelam berada pada kedalaman 20 m di danau air tawar (ρ = 1.000 kg/m^3, g = 10 m/s^2). Jika tekanan atmosfer di permukaan danau 1 × 10^5 Pa, tekanan mutlak yang dialami penyelam adalah...

A. 1 × 10^5 Pa | B. 2 × 10^5 Pa | C. 3 × 10^5 Pa | D. 4 × 10^5 Pa

BAGIAN I: FLUIDA STATIS • KEGIATAN BELAJAR 2

Hukum Pascal dan Aplikasi Sistem Hidrolik

1. STIMULUS FENOMENA (ENGINEERING & TECHNOLOGY)

Bagaimana Seorang Mekanik Mampu Mengangkat Mobil Bermassa 2 Ton?

Di bengkel pencucian mobil (*hydraulic car wash*), sebuah mobil SUV bermassa 2.000 kg (berat 20.000 N) dapat terangkat setinggi 2 meter ke udara hanya dengan menekan tuas katup bertekanan kecil. Rahasia teknologi ini terletak pada **Hukum Pascal** yang dirumuskan oleh Blaise Pascal (1623–1662): *"Tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan sama besar."*

Aktivitas 2.1 • Penalaran Fluida Kerja Hidrolik (Isian Uraian Terbuka)

Mengapa fluida kerja pada sistem rem hidrolik dan dongkrak menggunakan minyak hidrolik (oli khusus) yang tidak termampatkan dan tidak boleh mengandung gelembung udara sedikit pun?

LIVEWORKSHEETS

2. Formulasi Matematis Hukum Pascal (Mathematics)

Hubungan Besaran	Persamaan Matematis	Catatan Penting Perhitungan
Kesamaan Tekanan	$P_1 = P_2 \Rightarrow F_1 / A_1 = F_2 / A_2$	F_1 = gaya pada piston kecil (N); F_2 = gaya pada piston besar (N)
Rasio Luas Lingkaran	$F_1 / d_1^2 = F_2 / d_2^2$ atau $F_1 / r_1^2 = F_2 / r_2^2$	Karena $A = \pi r^2 = \frac{1}{4}\pi d^2$, rasio luas sebanding dengan kuadrat diameter.
Keuntungan Mekanis (KM)	$KM = F_2 / F_1 = A_2 / A_1 = (d_2 / d_1)^2$	Semakin besar rasio diameter piston, semakin kecil gaya dorong yang dibutuhkan.
Kekekalan Volume Fluida	$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 \cdot h_1 = A_2 \cdot h_2$	Piston besar naik sedikit (h_2 kecil) ketika piston kecil ditekan jauh (h_1 besar).

Aktivitas 2.2 • Pelabelan Komponen Sistem Hidrolik (Seret & Lepas / Drag & Drop)

Seret label komponen berikut ke dalam kotak sasaran yang sesuai dengan fungsinya pada Dongkrak Hidrolik:

Piston Kecil (A_1) | Piston Besar (A_2) | Fluida Inkompresibel | Katup Searah

- Tempat gaya input kecil (F_1) diberikan oleh tuas pompa _____
- Mencegah oli mengalir balik saat tuas pompa ditarik ke atas _____
- Meneruskan tekanan $P_1 = P_2$ ke seluruh ruang silinder _____
- Tempat gaya angkat besar (F_2) bekerja menopang beban mobil _____

3. Penyelidikan Variasi Diameter Piston (Engineering & Mathematics)

Perhatikan data pengujian sistem pengangkat hidrolik berikut. Piston kecil memiliki diameter tetap d_1 = 2 cm, sedangkan diameter piston besar (d_2) divariasikan untuk mengangkat beban mobil seberat F_2 = 16.000 N. Lengkapilah nilai pada tabel di bawah ini:

Model Uji	Diameter d_1 (cm)	Diameter d_2 (cm)	Rasio $(d_2 / d_1)^2$	Gaya Input F_1 (N)	Kenaikan h_2 jika h_1 = 25 cm
Model A	2	4	4	4.000	6,25 cm
Model B	2	8	16	_____	_____ cm

LIVEWORKSHEETS

Model Uji	Diameter d_1 (cm)	Diameter d_2 (cm)	Rasio $(d_2/d_1)^2$	Gaya Input F_1 (N)	Kenaikan h_2 jika h_1 = 25 cm
Model C	2	10			cm
Model D	2	20			cm

Aktivitas 2.3 • Analisis Trade-Off Rekayasa Hidrolik (Isian Uraian Terbuka)

Berdasarkan tabel pengujian Model A hingga Model D di atas, jelaskan *trade-off* (pertukaran keuntungan gaya vs jarak perpindahan piston) ketika insinyur memperbesar diameter piston besar (d_2) menjadi 10 kali lipat diameter piston kecil!

STUDI KASUS: REM CAKRAM HIDROLIK SEPEDA MOTOR

Sebuah sistem rem cakram hidrolik memiliki luas penampang master silinder (piston pada tuas rem tangan) sebesar A_1 = 1,5 cm^2 dan luas penampang kaliper rem pada roda sebesar A_2 = 12 cm^2. Ketika pengendara menarik tuas rem dengan gaya 50 N, bantalan rem menjepit piringan cakram (koefisien gesek kinetis μ_k = 0,4).

Aktivitas 2.4 • Kalkulasi Kinerja Rem Cakram & Latihan Hukum Pascal

1. Tekanan fluida di dalam selang rem ($P = F_1 / A_1$) = _____ Pa (bulatkan ke bilangan bulat terdekat)
2. Gaya tekan kaliper pada piringan cakram (F_2) = _____ N
3. Gaya gesek pengereman yang memperlambat roda ($f_k = \mu_k \times F_2$) = _____ N

4. Sebuah pompa hidrolik memiliki perbandingan jari-jari pengisap kecil dan pengisap besar 1 : 5. Jika pada pengisap kecil dikerjakan gaya 40 N, maka beban maksimum yang dapat diangkat pada pengisap besar adalah...

A. 200 N | B. 400 N | C. 1.000 N | D. 2.000 N

- Pada tensimeter, tekanan manset diteruskan untuk mengimbangi tekanan [Pilih opsi ▼] pembuluh darah.
- Apabila terdapat kebocoran udara pada selang hidrolik, gaya angkat akan menurun drastis karena udara bersifat [Pilih opsi ▼].

LIVEWORKSHEETS

BAGIAN I: FLUIDA STATIS • KEGIATAN BELAJAR 3

Hukum Archimedes, Tegangan Permukaan, dan Kapilaritas

1. STIMULUS FENOMENA (SCIENCE & ENGINEERING)

Mengapa Jarum Baja Kecil Dapat Tenggelam, Namun Kapal Induk Baja Raksasa Mengapung?

Sebatang jarum jahit dari baja bermassa beberapa gram akan langsung tenggelam ke dasar gelas berisi air. Sebaliknya, kapal kargo atau kapal induk yang terbuat dari puluhan ribu ton pelat baja justru dapat mengapung stabil di samudra! Fenomena ini dijelaskan oleh **Hukum Archimedes**: *"Suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mengalami gaya ke atas (gaya apung) yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut."*

Aktivitas 3.1 • Analisis Desain Lambung Kapal (Isian Uraian Terbuka)

Jelaskan bagaimana perancang kapal laut merekayasa bentuk lambung baja berongga sehingga massa jenis rata-rata kapal (ρ_{total}) menjadi lebih kecil daripada massa jenis air laut!

2. Konsep Hukum Archimedes, Tegangan Permukaan, Kapilaritas, & Viskositas

Fenomena / Hukum	Persamaan Matematis	Syarat & Penerapan Fisis
Gaya Apung Archimedes	$F_a = \rho_f \cdot g \cdot V_{bf} = W_{udara} - W_{fluida}$	V_{bf} = volume benda yang tercelup di dalam fluida (m^3)
Mengapung	$\rho_{benda} < \rho_{fluida}$ $(F_a = W_{benda})$	Sebagian volume benda muncul di atas permukaan fluida
Melayang	$\rho_{benda} = \rho_{fluida}$ $(F_a = W_{benda})$	Seluruh volume benda berada di dalam fluida tanpa menyentuh dasar
Tenggelam	$\rho_{benda} > \rho_{fluida}$ $(F_a + N = W_{benda})$	Benda turun hingga menyentuh dasar wadah (terdapat gaya normal N)
Tegangan Permukaan	$\gamma = F / L$ (selaput tipis: $\gamma = F / 2L$)	γ = tegangan permukaan (N/m); serangga dapat berjalan di atas air
Gejala Kapilaritas	$y = (2 \cdot \gamma \cdot \cos\theta) / (\rho \cdot g \cdot r)$	Naik/turunnya permukaan zat cair dalam pipa sempit (pembuluh xilem)

LIVEWORKSHEETS

Fenomena / Hukum	Persamaan Matematis	Syarat & Penerapan Fisis
Viskositas (Hukum Stokes)	$F_s = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$	Gaya gesek fluida kental (η) terhadap bola berjari-jari r

3. Penyelidikan Gaya Apung dalam Berbagai Cairan (Mathematics)

Sebuah balok logam memiliki berat di udara W_{udara} = 50 N dan volume total V = 0,002 m^3 (2.000 cm^3). Balok tersebut dicelupkan ke dalam empat jenis cairan berbeda (g = 10 m/s^2). Lengkapilah tabel di bawah ini:

Jenis Cairan	Massa Jenis ρ_f (kg/m^3)	Volume Tercelup V_{bf} (m^3)	Gaya Apung F_a (N)	Berat Semu W_f (N)	Kondisi Jika Tali Dilepas
Minyak Tanah	800	0,002	16	34	Tenggelam
Air Murni	1.000	0,002			Pilih opsi ▼
Gliserin	1.260	0,002			Pilih opsi ▼
Air Raksa	13.600	Sebagian	50	0	Pilih opsi ▼

Aktivitas 3.2 • Perhitungan Benda Mengapung & Penjodohan Fenomena

Pada kasus **Air Raksa** (ρ = 13.600 kg/m^3) pada baris terakhir tabel di atas, balok logam mengapung setimbang ($F_a = W_{udara}$ = 50 N):

1. Volume balok logam yang tercelup di dalam air raksa (V_{bf}) = _____ cm^3 (bulatkan 1 angka di belakang koma)
2. Persentase (%) volume balok yang muncul di atas permukaan air raksa = _____ % (bulatkan 1 angka di belakang koma)

Jodohkan fenomena fluida statis berikut dengan prinsip fisika yang tepat:

LIVEWORKSHEETS

Fenomena Alam / Teknologi	Prinsip Dasar Fluida Statis
1. Nyamuk dapat hinggap di permukaan air tanpa tenggelam ☐	☐ [A] Hukum Archimedes
2. Air tanah naik melalui pembuluh xilem hingga ke daun ☐	☐ [B] Tegangan Permukaan
3. Hidrometer mengukur massa jenis larutan elektrolit aki ☐	☐ [C] Gejala Kapilaritas
4. Kelereng jatuh mencapai kecepatan terminal di dalam oli ☐	☐ [D] Viskositas & Hukum Stokes

Semakin kecil jari-jari pipa kapiler (**r**), kenaikan permukaan air di dalam pipa akan semakin [Pilih opsi ▼], karena sudut kontak air-kaca bersifat [Pilih opsi ▼].

Aktivitas 3.3 • Latihan Interaktif Kegiatan Belajar 3

1. Sepotong kayu bermassa jenis 600 kg/m^3 mengapung di atas air (ρ_{air} = 1.000 kg/m^3). Jika volume total balok kayu adalah 0,05 m^3, volume kayu yang muncul di atas permukaan air adalah...

A. 0,01 m^3 | B. 0,02 m^3 | C. 0,03 m^3 | D. 0,04 m^3

2. Kawat lurus sepanjang 10 cm ditarik perlahan dari permukaan larutan sabun sehingga terbentuk selaput sabun dua sisi. Jika gaya tarik minimum tepat sebelum selaput putus adalah 0,012 N, tegangan permukaan larutan sabun adalah...

A. 0,06 N/m | B. 0,12 N/m | C. 0,24 N/m | D. 1,20 N/m

☐ **Centang jika benar:** Penambahan detergen menurunkan tegangan permukaan air sehingga air mudah masuk ke serat kain.

BAGIAN I: FLUIDA STATIS • PROYEK MINI STEM 1

Rancang Bangun Prototipe Dongkrak Hidrolik Sederhana

TANTANGAN REKAYASA (ENGINEERING DESIGN PROCESS)

Rancanglah sebuah prototipe sistem pengangkat hidrolik menggunakan dua buah alat suntik (spuit) medis tanpa jarum dengan ukuran diameter berbeda (misalnya spuit 5 mL dan spuit 20 mL), selang akuarium bening, air berwarna pink, dan rangka stik es krim atau kardus tebal. Prototipe harus mampu mengangkat beban minimal 500 gram dengan stabil tanpa kebocoran fluida.

LIVEWORKSHEETS

Tahapan EDP	Aktivitas Kelompok Peserta Didik	Target Output
1. ASK (Identifikasi)	Menganalisis batasan bahan, diameter spuit tersedia, dan target beban angkat minimum.	Rumusan spesifikasi alat
2. IMAGINE (Ideasi)	Mengembangkan alternatif mekanisme rangka gunting (*scissor lift*) atau lengan tuas hidrolik.	Sketsa desain rancangan
3. PLAN (Perencanaan)	Menghitung rasio luas penampang (A_2/A_1) dan keuntungan mekanis teoritis sebelum merakit.	Tabel kalkulasi rancangan
4. CREATE (Pembuatan)	Merakit rangka, menyambung selang rapat tanpa gelembung udara, dan mengisi fluida berwarna.	Prototipe fisik siap uji
5. IMPROVE (Evaluasi)	Menguji beban 200 g, 400 g, hingga 600 g, mencatat hambatan gesek, dan menyempurnakan alat.	Data uji kinerja prototipe

Lembar Kerja Proyek Mini STEM 1 • Data Pengukuran & Evaluasi

Parameter Pengukuran Prototipe	Nilai Terukur / Hasil Perhitungan Kelompok
Diameter dalam spuit kecil (d_1)	_____ cm = _____ m
Diameter dalam spuit besar (d_2)	_____ cm = _____ m
Keuntungan Mekanis Teoritis $KM = (d_2 / d_1)^2$	_____
Massa beban uji maksimum terangkat (m)	_____ gram = _____ kg
Gaya berat beban ($F_2 = m \cdot g$)	_____ N
Gaya dorong teoritis pada spuit kecil (F_1)	_____ N

Evaluasi Rekayasa: Jelaskan kendala teknis yang memengaruhi efisiensi pengangkatan pada prototipe kelompokmu serta ide perbaikan desain agar mampu mengangkat beban 2 kali lebih berat:

LIVEWORKSHEETS

BAGIAN II: FLUIDA DINAMIS • KEGIATAN BELAJAR 4

Ciri Fluida Ideal, Debit Aliran, dan Persamaan Kontinuitas

1. STIMULUS FENOMENA (SCIENCE & ENGINEERING)

Mengapa Air Memancar Jauh Ketika Ujung Selang Ditekan dengan Ibu Jari?
Saat menyiram tanaman di halaman rumah, air yang keluar dari mulut selang berdiameter penuh mengalir pelan dan jatuh dekat dengan kaki kita. Namun, begitu kita menutup sebagian mulut selang menggunakan ibu jari sehingga luas lubangnya mengecil, air langsung menyembur kencang dan menjangkau jarak yang jauh! Prinsip ini diterapkan insinyur pada desain nosel (*nozzle*) selang pemadam kebakaran.

Aktivitas 4.1 • Prediksi Ilmiah Kekekalan Debit (Isian Uraian Terbuka)

Ketika luas lubang ujung selang diperkecil menjadi setengahnya, apakah volume air yang keluar setiap detiknya (debit aliran) ikut berubah atau tetap sama? Jelaskan alasanmu!

2. Ciri-Ciri Fluida Ideal & Persamaan Kontinuitas (Science & Mathematics)

Dalam kajian mekanika fluida dinamis dasar, fluida dimodelkan sebagai **fluida ideal** dengan empat syarat utama: (1) **Tidak termampatkan** (*incompressible*, massa jenis konstan), (2) **Tidak kental** (*non-viscous*, tanpa gesekan internal), (3) **Aliran tunak** (*steady flow*, kecepatan di setiap titik konstan terhadap waktu), dan (4) **Aliran tak berolak** (*laminer*, mengikuti garis arus mulus).

Besaran / Hukum	Persamaan Matematis	Penjelasan & Satuan SI
Debit Aliran (Q)	$Q = V / t = A \cdot v$	Q = debit (m^3/s); V = volume (m^3); t = waktu (s); A = luas penampang (m^2); v = kelajuan (m/s)
Persamaan Kontinuitas	$Q_1 = Q_2 \Rightarrow A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$	Pada fluida tak termampatkan, hasil kali luas penampang dan kelajuan aliran selalu konstan.
Pipa Penampang Lingkaran	$d_1^2 \cdot v_1 = d_2^2 \cdot v_2$ atau $r_1^2 \cdot v_1 = r_2^2 \cdot v_2$	Kelajuan aliran berbanding terbalik dengan kuadrat diameter atau jari-jari pipa.

LIVEWORKSHEETS

Besaran / Hukum	Persamaan Matematis	Penjelasan & Satuan SI
Aliran Pipa Bercabang	$A_1v_1 = A_2v_2 + A_3v_3$	Debit total yang masuk ke percabangan sama dengan jumlah debit seluruh pipa cabang keluar.

3. Eksplorasi Virtual PhET *Fluid Pressure and Flow* — Tab Flow (Technology)

Buka simulasi **PhET: Fluid Pressure and Flow**, pilih tab **Flow**, dan atur debit masukan konstan sebesar **5.000 L/s (5,0 m^3/s)**. Variasikan luas penampang pipa menggunakan pegangan (*handles*), ukur kelajuan dengan *Speedometer*, lalu lengkapi tabel berikut:

Konfigurasi Pipa	Luas Penampang A (m^2)	Kelajuan Aliran v (m/s)	Hasil Kali $A \times v$ (m^3/s)	Kerapatan Garis Arus
Pipa Lebar Standar	5,0	1,0	5,0	Renggang
Penyempitan Sedang	2,5			Pilih opsi ▼
Penyempitan Kuat	1,25			Pilih opsi ▼
Pelebaran Ekstrem	10,0			Pilih opsi ▼

Aktivitas 4.2 • Kesimpulan Kontinuitas & Studi Kasus Pemadam Kebakaran

Ketika fluida mengalir memasuki bagian pipa yang lebih sempit, kelajuan aliran fluida akan Pilih opsi ▼, kerapatan garis arus (*streamline*) menjadi semakin Pilih opsi ▼, dan besar debit aliran (Q) tetap Pilih opsi ▼.

Studi Kasus: (1) Mobil pemadam kebakaran memompa air melalui selang utama berdiameter 8 cm dengan kelajuan 2,5 m/s menuju nosel ujung berdiameter 2 cm. (2) Sebuah pipa induk berluas penampang 40 cm^2 dialiri air dengan kelajuan 3 m/s lalu bercabang menjadi dua pipa identik yang masing-masing berluas penampang 15 cm^2.

LIVEWORKSHEETS