

LAMPIRAN I
INSTRUMEN PENELITIAN

Lampiran 1.1	Kisi-kisi Tes Keterampilan Berpikir Kritis Uji Coba
Lampiran 1.2	Tes Keterampilan Berpikir Kritis Uji Coba
Lampiran 1.3	Rubrik Penilaian Tes Keterampilan Berpikir Kritis Uji Coba
Lampiran 1.4	Kisi-kisi Tes Keterampilan Berpikir Kritis Digunakan
Lampiran 1.5	Tes Keterampilan Berpikir Kritis Digunakan
Lampiran 1.6	Rubrik Penilaian Tes Keterampilan Berpikir Kritis Digunakan



Lampiran 1.1. Kisi-kisi Tes Keterampilan Berpikir Kritis Uji Coba

Satuan Pendidikan : SMA
 Mata Pelajaran : Fisika
 Kurikulum : Kurikulum Merdeka
 Alokasi Waktu : 90 menit
 Jumlah : 25 butir soal esai
 Pokok Bahasan : Fluida Statis

Capaian Pembelajaran: Peserta didik mampu menganalisis fenomena fisika di lingkungan sekitar terkait konsep tekanan hidrostatik, Hukum Pascal, dan Hukum Archimedes, serta mengaplikasikan konsep-konsep tersebut dalam pemecahan masalah dan merancang prosedur percobaan.

Dimensi	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Level Kognitif	No. Soal	Jumlah Soal	Jumlah Soal/Dimensi
Merumuskan Masalah (D1)	Merumuskan permasalahan berdasarkan informasi atau fenomena yang disajikan	C6	3	2	3
	Menyusun pertanyaan atau alternatif permasalahan yang relevan		8, 10	1	
Memberikan Argumen (D2)	Membangun argumen yang didukung oleh alasan yang sesuai.	C6	1, 9, 18, 20	4	7
	Membandingkan persamaan dan perbedaan berdasarkan informasi yang tersedia.		2, 17, 25	3	
Menganalisis Deduksi (D3)	Menganalisis informasi berdasarkan prinsip atau konsep yang relevan secara logis.	C4	6, 12, 21	3	5
	Menginterpretasikan pertanyaan untuk memperoleh makna yang tepat.		4, 13	2	
Menganalisis Induksi (D4)	Menganalisis data atau informasi yang diperoleh dari suatu permasalahan.	C4	24	1	2
	Mengaitkan hubungan antar data untuk menemukan pola atau kecenderungan tertentu.		11	1	
Melakukan Evaluasi (D5)	Menilai solusi atau saran yang sesuai dengan permasalahan yang diberikan.	C5	16, 22	2	4
	Mengevaluasi alternatif solusi berdasarkan konsep atau teori yang relevan.		5, 15	2	
Memutuskan dan	Menentukan alternatif penyelesaian yang paling tepat	C6	14, 19	2	4

Dimensi	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Level Kognitif	No. Soal	Jumlah Soal	Jumlah Soal/Dimensi
Melaksanakan (D6)	dari beberapa pilihan yang tersedia.				
	Merancang solusi yang akan dilaksanakan berdasarkan teori yang relevan.		7, 23	2	
Total					25



Lampiran 1.2. Tes Keterampilan Berpikir Kritis Uji Coba

TES KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS

MATERI : FLUIDA STATIS

(Waktu: 90 menit)

Petunjuk pengerjaan soal:

1. Tuliskan identitas anda secara lengkap dan jelas pada lembar jawaban yang telah disediakan.
 2. Cermatilah seluruh soal! Jika terdapat soal yang kurang jelas, silahkan tanyakan kepada pengawas ruangan.
 3. Kerjakanlah soal yang dianggap mudah terlebih dahulu!
 4. Kerjakan soal secara mandiri dan jujur!
-

Kerjakan soal berikut dengan jawaban yang tepat!

1. Saat Devi bermain seluncur es, Devi menyadari bahwa sepatu yang dia gunakan didesain memiliki pisau di bagian bawah seperti pada gambar.



Meskipun permukaan es licin, Devi tetap dapat meluncur tanpa tergelincir secara tidak terkontrol. Berdasarkan konsep tekanan, berikan pendapatmu mengapa sepatu seluncur es dirancang dengan bilah tipis dan tajam sehingga memungkinkan pemain meluncur dengan stabil di atas permukaan es yang licin!

2. Aldi dan Rian mempunyai hobi yang sama, yaitu berenang. Suatu hari, Aldi berlatih renang di laut sedangkan Rian berlatih di sungai dekat rumahnya. Keduanya menyelam hingga mencapai kedalaman yang sama dari permukaan air. Menurut pendapatmu, siapa yang akan merasakan tekanan air yang lebih besar? Jelaskan alasanmu berdasarkan konsep tekanan hidrostatik!
3. Seorang peneliti oseanografi membawa sebuah tabung berisi air untuk percobaan tekanan hidrostatik. Ia menempatkan sensor tekanan pada kedalaman 30 cm di dalam tabung tersebut dan melakukan pengukuran di permukaan Bumi. Beberapa minggu kemudian, peneliti tersebut berada di pesawat ruang

angkasa yang sedang melakukan perjalanan jauh, di mana gaya gravitasi di dalam pesawat jauh lebih kecil daripada gravitasi Bumi. Ia kembali mengukur tekanan pada kedalaman yang sama. Berdasarkan cerita tersebut, rumuskan permasalahan ilmiah yang dapat diteliti dari percobaan ini!

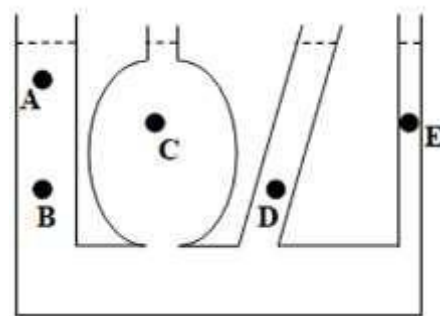
4. Pada suatu siang yang panas, Rian membeli minuman lemon dingin di kafe. Minuman tersebut disajikan dalam gelas besar yang di dalamnya terdapat beberapa potong es batu yang mengapung di permukaan. Rian kemudian meletakkan gelas tersebut di meja tanpa meminumnya. Setelah beberapa waktu, es batu di dalam gelas perlahan-lahan mencair seluruhnya. Menurut pendapatmu, apakah jumlah air di dalam gelas akan bertambah hingga meluap keluar ketika semua es mencair? Analisislah secara deduktif perubahan permukaan minuman berdasarkan konsep gaya apung (Hukum Archimedes)!

5. Sebuah bendungan kecil di desa Cendana digunakan untuk menyimpan air agar petani bisa mengairi sawahnya. Suatu hari, beberapa warga memperhatikan adanya rembesan di lereng bendungan saat hujan deras. Berdasarkan pengamatan tersebut, evaluasilah bendungan ini dan berikan saran agar bendungan tetap kuat dan aman menahan tekanan air yang tinggi!



6. Pada sebuah laboratorium fisika, dilakukan uji tekanan fluida menggunakan bejana berhubungan dengan bentuk

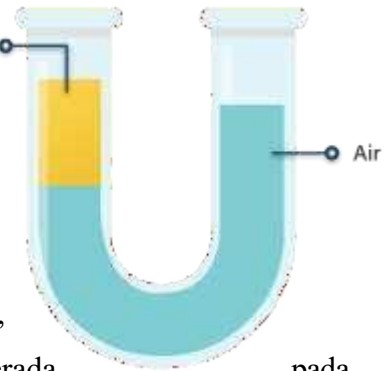
berbagai macam tabung seperti pada gambar. Bejana-bejana tersebut diisi dengan minyak khusus yang memiliki massa jenis seragam. Pada beberapa titik di dalam cairan dipasang sensor tekanan yang ditandai sebagai A, B, C, D, dan E seperti



pada gambar. Berdasarkan prinsip tekanan hidrostatik, analisislah secara deduktif titik-titik manakah yang menunjukkan bacaan tekanan yang sama pada sensornya?

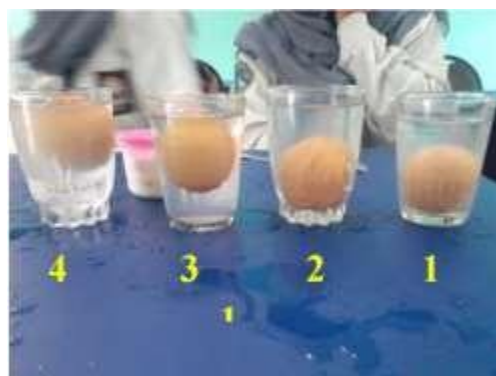
7. Pada kegiatan praktikum fluida, guru meminta

Dira untuk membandingkan tekanan hidrostatik antara dua zat cair berbeda menggunakan sebuah pipa U. Salah satu lengan pipa U diisi dengan air, sedangkan lengan lainnya diisi dengan zat cair X yang massa jenisnya belum diketahui. Setelah kedua cairan dituangkan, permukaan air dan permukaan zat cair X tampak berada



pada ketinggian yang berbeda. Dira diminta menentukan massa jenis zat cair X tersebut berdasarkan prinsip keseimbangan tekanan pada dasar pipa U. Tuliskan langkah-langkah yang harus dilakukan Dira agar dapat melaksanakan praktikum menentukan massa jenis zat cair yang belum diketahui sesuai dengan hukum pokok hidrostatik!

8. Pada masa kerajaan kuno, seorang pengrajin logam diminta membuat sebuah patung hias dari emas murni. Setelah patung selesai, pemiliknya mulai curiga bahwa pengrajin mungkin mencampurkan bahan lain agar lebih menguntungkan. Untuk memastikan kecurigaannya, seorang peneliti mencoba menenggelamkan patung tersebut ke dalam wadah berisi air untuk melihat perubahan volume air. Berdasarkan fenomena yang dijelaskan dalam cerita tersebut, rumuskan masalah ilmiah yang dapat diteliti melalui suatu percobaan!
9. Di suatu pagi saat pelajaran Fisika, siswa diminta melakukan percobaan sederhana menggunakan telur dan beberapa gelas berisi air. Guru kemudian menambahkan garam dengan jumlah berbeda pada tiap gelas, seperti gambar di bawah.



Dari percobaan tersebut diketahui bahwa:

- a) Gelas 1 adalah murni air tawar
- b) Gelas 2 diberi 1 sendok garam
- c) Gelas 3 diberi 2 sendok garam
- d) Gelas 4 diberi 3 sendok garam

Bagaimana air garam dapat mempengaruhi keadaan keempat telur tersebut? berikan pendapat Anda sesuai dengan hukum Archimedes!

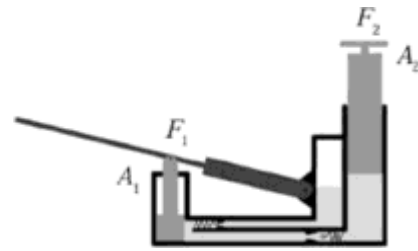
10. Saat berada di arena es, para pemain memakai sepatu khusus yang bagian bawahnya berbentuk bilah tipis. Dengan desain tersebut, mereka bisa meluncur dengan cepat di atas permukaan es tanpa mudah terpeleset. Pernahkah kamu memikirkan, mengapa bagian bawah sepatu seluncur dibuat runcing seperti itu? Apa yang membuat pemain tetap dapat meluncur dan mengontrol gerakannya di atas es yang beku? Rumuskan permasalahan yang dapat ditanyakan dari peristiwa tersebut!
11. Bima melakukan percobaan untuk membandingkan kekentalan beberapa jenis cairan. Ia menyiapkan tiga gelas ukur berisi cairan berbeda dengan volume yang sama. Dari permukaan cairan, Bima menjatuhkan sebuah baut kecil dan mengukur waktu yang dibutuhkan baut untuk mencapai dasar gelas. Setelah melakukan tiga kali percobaan, ia mencatat hasilnya sebagai berikut:

No	Jenis Cairan	Waktu Tempuh (s)
1	Cairan A	4,2
2	Cairan B	7,8
3	Cairan C	5,1

Berdasarkan hasil tersebut, cairan manakah yang memiliki viskositas paling tinggi? Jelaskan alasannya!

12. Riko dan teman-temannya sedang bermain di sungai kecil dekat rumah. Mereka mencoba melempar berbagai benda ke air, seperti potongan kayu, kelereng, hingga batu kecil. Riko memperhatikan bahwa kelereng yang berat langsung tenggelam, sementara potongan kayu yang lebih besar justru tetap mengapung. Riko pun penasaran, jika ia menjatuhkan daun kering ke permukaan sungai, Analisislah secara deduktif berdasarkan konsep massa jenis apakah daun tersebut akan mengapung atau tenggelam?

13. Rafi melihat seorang montir menggunakan alat hidrolik untuk mengangkat sepeda motor di bengkel. Montir menekan piston kecil, lalu perlahan-lahan motor terangkat karena tekanan pada fluida diteruskan ke piston yang lebih besar. Rafi kemudian penasaran, bagaimana jika ukuran piston kecil dan piston besar pada alat hidrolik tersebut dibuat sama? Menurutmu, apa yang akan terjadi pada kemampuan alat tersebut dalam mengangkat beban? Jelaskan alasanmu berdasarkan prinsip Hukum Pascal!



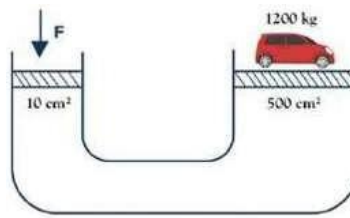
14. Sinta ingin mengetahui massa jenis beberapa kerikil yang ia temukan di halaman rumah. Karena bentuknya tidak beraturan, ia menggunakan gelas ukur berisi air dan sebuah timbangan digital untuk melakukan percobaan seperti gambar di bawah



Ia menimbang masing-masing kerikil, lalu memasukkan kerikil tersebut ke dalam gelas ukur untuk melihat perubahan volume air. Buatlah langkah-langkah yang harus dilakukan Sinta untuk dapat membandingkan massa jenis ketiga kerikil tersebut!

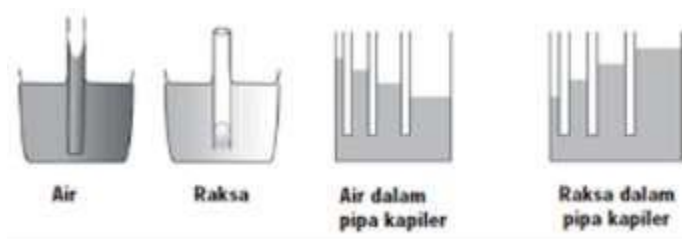
15. Sebuah perusahaan travel memiliki beberapa minibus yang menggunakan sistem rem hidrolik. Dalam beberapa minggu terakhir, para pengemudi mulai mengeluhkan bahwa pedal rem terasa semakin keras saat diinjak, dan kendaraan membutuhkan jarak yang lebih panjang untuk berhenti, terutama setelah menempuh rute panjang di daerah berbukit. Selain itu, beberapa sopir juga mencium bau seperti benda yang terbakar ketika menggunakan rem terlalu sering. Berdasarkan gejala tersebut serta prinsip Hukum Pascal pada sistem rem hidrolik, evaluasilah kemungkinan penyebab terjadinya kondisi tersebut, dan tentukan alternatif solusi yang tepat untuk mengatasinya!
16. Seorang teknisi di sebuah bengkel ingin mengangkat mobil pelanggan yang memiliki massa 1200 kg menggunakan dongkrak hidrolik. Dongkrak tersebut

memiliki dua piston dengan luas penampang berbeda, yaitu piston kecil seluas 10 cm^2 dan piston besar seluas 500 cm^2 seperti pada gambar berikut.



Namun, dongkrak ini hanya mampu menghasilkan gaya maksimum 200 N pada piston kecil. Jika dipaksakan bekerja melebihi batas kemampuannya, dongkrak dapat mengalami kerusakan. Menurut Anda, apakah teknisi tersebut sebaiknya tetap memakai dongkrak itu untuk mengangkat mobil? Berikan alasan yang mendukung pendapat Anda. Jika tidak, jelaskan solusi yang dapat dilakukan agar mobil tetap dapat diangkat dengan aman.

17. Seorang montir di bengkel perlu menaikkan posisi sebuah mobil agar ia lebih mudah melakukan perbaikan pada bagian bawah kendaraan. Mobil tersebut memiliki berat sekitar 100 kali lebih besar daripada gaya maksimal yang dapat diberikan montir pada piston kecil dongkrak hidrolik. Untuk memastikan dongkrak dapat bekerja dengan aman dan efektif, berapakah perbandingan minimal luas penampang piston besar terhadap piston kecil yang harus digunakan pada dongkrak hidrolik tersebut?
18. Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair dalam celah sempit atau pipa kapiler. Salah satu contoh kapilaritas dapat dilihat pada sumbu kompor minyak tanah, di mana minyak dapat meresap naik melalui serat-serat kain yang sangat kecil. Fenomena ini juga dapat diamati pada air dan raksa yang menunjukkan perilaku berbeda ketika dimasukkan ke dalam pipa kapiler.



Menurut pendapatmu, mengapa air dan raksa menunjukkan perbedaan perilaku kapilaritas? Jelaskan alasanmu berdasarkan konsep gaya kohesi dan adhesi!

19. Seorang teknisi bengkel sedang mempertimbangkan untuk meningkatkan kemampuan dongkrak hidrolik yang sering dipakai untuk mengangkat mobil-mobil berat. Ia memiliki tiga pilihan modifikasi berikut:

- a) Menggunakan piston yang ukurannya lebih besar.
- b) Mengganti fluida hidrolik dengan jenis lain.
- c) Menambahkan satu unit pompa hidrolik tambahan.

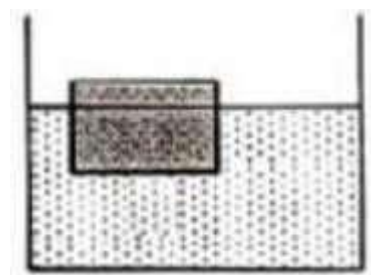
Menurutmu, modifikasi manakah yang paling efektif untuk meningkatkan kinerja dongkrak? Jelaskan alasan logis dari pilihanmu! Selain itu, berikan juga penilaian mengenai kelebihan dan kekurangan dari modifikasi yang kamu pilih!

20. Seorang guru meminta siswa melakukan percobaan tentang gaya apung menggunakan sepotong plastisin dan sebuah baskom berisi air. Awalnya, siswa membentuk plastisin tersebut menjadi gumpalan padat yang menyerupai bola kecil. Ketika dimasukkan ke dalam air, plastisin itu langsung tenggelam ke dasar baskom. Menurut pendapatmu, apa yang dapat dilakukan siswa agar plastisin tersebut bisa mengapung di permukaan air? Jelaskan alasannya!

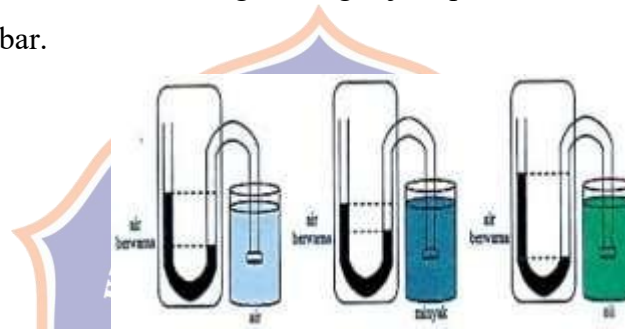


21. Saat kamu memegang botol minum yang diisi penuh, lalu kamu menusuk bagian samping botol dengan jarum, air akan menyembur keluar. Jika kemudian kamu menusuk bagian botol yang letaknya lebih bawah, semburan air dari lubang yang lebih bawah terlihat lebih kuat. Mengapa semburan air dari lubang yang lebih bawah lebih deras dibandingkan lubang yang lebih atas?

22. Ketika sedang melakukan percobaan di rumah, Bima menaruh sebuah kotak berukuran $20\text{ cm} \times 15\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ di atas permukaan air yang bermassa jenis 1000 kg/m^3 . Setelah dilepaskan, ternyata $4/5$ bagian tinggi kotak berada di dalam air, sedangkan sisanya tampak mengapung di atas permukaan. Menurut pendapatmu, apakah Bima bisa menekan kotak tersebut hingga seluruh bagian kotak berada di dalam air? Jelaskan alasanmu!

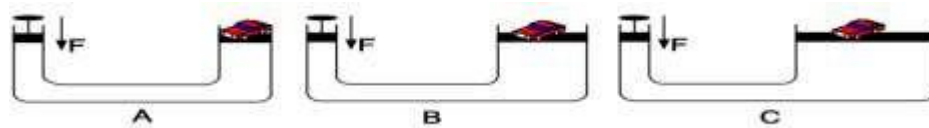


23. Dalam sebuah kegiatan praktikum, kamu diminta menyelidiki bagaimana berbagai jenis cairan dapat meresap melalui bahan berpori. Kamu disediakan tiga jenis cairan, yaitu air, minyak goreng, dan alkohol, masing-masing sebanyak 50 ml. Selain itu, kamu juga memiliki tiga jenis bahan berpori: kain katun, kain wol, dan kertas tisu, semuanya berukuran $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$. Tugasmu adalah merancang prosedur percobaan untuk mengetahui faktor apa yang paling memengaruhi kecepatan naiknya cairan pada berbagai bahan berpori tersebut. Tuliskanlah langkah-langkah percobaan yang harus dilakukan!
24. Terdapat tiga buah bejana yang masing-masingnya diisi oleh zat cair yang berbeda. Pada bagian ujung sebuah selang berbentuk U yang berisi air berwarna dimasukkan ke dalam masing-masing bejana pada kedalaman yang sama seperti pada gambar.



Setelah selang U dicelupkan, tampak bahwa ketinggian air berwarna di dalam selang tidak sama pada tiap bejana. Berdasarkan perbedaan tinggi air berwarna dalam selang U pada ketiga gambar tersebut, jelaskan apa yang dapat kamu simpulkan dan jelaskan alasan ilmiah yang mendukung kesimpulanmu!

25. Perhatikan tiga rancangan alat hidrolik berbentuk bejana U seperti yang tampak pada gambar di bawah ini!



Ketiga bejana U tersebut berisi jenis cairan yang sama, dan masing-masing digunakan untuk mengangkat beban dengan massa yang sama. Menurut pendapatmu, bejana U manakah yang harus digunakan agar tenaga yang digunakan untuk mengangkat beban tidak terkuras banyak? Jelaskan!

Lampiran 1.3. Rubik Penilaian Tes Keterampilan Berpikir Kritis

No.	Jawaban	Indikator
1	Sepatu seluncur yang ditopang oleh bilah pisau yang tipis dan runcing menghasilkan tekanan yang besar pada permukaan es. Berdasarkan konsep tekanan, semakin kecil luas bidang sentuh suatu benda, maka tekanan yang dihasilkan akan semakin besar. Tekanan yang tinggi tersebut menyebabkan titik lebur es menurun sehingga terbentuk lapisan air tipis di antara bilah sepatu dan permukaan es. Keberadaan lapisan air ini mengurangi gaya gesek, sehingga pemain dapat meluncur dengan lebih mudah dan terkontrol. Setelah sepatu tidak lagi menekan es secara kuat, tekanan berkurang dan lapisan air tersebut kembali membeku menjadi es.	- Menjelaskan hubungan antara luas bidang sentuh bilah sepatu dan besar tekanan. - Menjelaskan peran lapisan air dalam mengurangi gaya gesek pada permukaan es.
2	Tekanan hidrostatik bergantung pada massa jenis fluida. Air laut memiliki massa jenis yang lebih besar dibandingkan air sungai, sehingga pada kedalaman yang sama, tekanan hidrostatik di laut akan lebih besar daripada di sungai. Pada ilustrasi soal, Aldi menyelam di laut, sedangkan Rian menyelam di sungai. Karena massa jenis air laut lebih tinggi, maka Aldi akan merasakan tekanan hidrostatik yang lebih besar. Hal ini sesuai dengan persamaan tekanan hidrostatik $P_h = \rho gh$, di mana tekanan dipengaruhi oleh kedalaman, massa jenis fluida, dan percepatan gravitasi. Kedalaman dan gravitasi yang dialami Aldi dan Rian sama, tetapi perbedaan massa jenis fluida menyebabkan tekanan hidrostatik yang mereka alami tidak sama.	- Menjelaskan pengaruh massa jenis fluida terhadap tekanan hidrostatik. - Menggunakan persamaan tekanan hidrostatik untuk membandingkan kondisi di laut dan sungai.
3	Bagaimanakah pengaruh percepatan gravitasi terhadap tekanan hidrostatik pada suatu titik?	- Merumuskan masalah dalam bentuk pertanyaan ilmiah yang jelas. - Mengaitkan variabel percepatan gravitasi dan tekanan hidrostatik.
4	Tidak, gelas yang berisi minuman lemon dingin dengan potongan es yang mengapung tidak akan meluap ketika es tersebut mencair. Hal ini disebabkan oleh massa jenis es yang lebih kecil dari-pada massa jenis air, sehingga es mengapung dan sebagian volumenya berada di bawah permukaan cairan. Bagian es yang berada di dalam minuman sudah menggantikan sejumlah volume air sesuai gaya apung. Saat es mencair, massanya tetap tetapi berubah menjadi air dengan volume sama seperti volume air yang sebelumnya didesak	- Memberikan alasan bahwa minuman tidak meluap saat es mencair. - Menjelaskan peristiwa mencairnya es berdasarkan konsep gaya apung.

No.	Jawaban	Indikator
	oleh es. Sehingga volume minuman tidak bertambah dan minuman lemon dingin tidak akan meluap ketika semua es mencair.	
5	Rembesan menunjukkan bendungan mulai melemah karena tekanan air meningkat saat hujan deras. Agar aman, bendungan perlu diperkuat dengan menutup area rembesan, memperbaiki drainase, menambah lapisan penguat pada lereng, serta menjaga tinggi permukaan air agar tidak terlalu tinggi.	- Menjelaskan penyebab terjadinya rembesan pada bendungan saat hujan deras. - Menentukan upaya yang dapat dilakukan untuk memperkuat bendungan.
6	Berdasarkan hukum pokok hidrostatis, titik-titik yang memiliki kedalaman yang sama dari permukaan fluida (zat cair) akan memiliki tekanan hidrostatis yang sama. Oleh karena itu, titik-titik yang memiliki tekanan hidrostatis yang sama adalah: C dengan E dan B dengan D.	- Menentukan pasangan titik yang memiliki tekanan hidrostatis sama. - Menggunakan konsep kedalaman zat cair untuk menentukan tekanan hidrostatis.
7	Langkah-langkah yang harus dilakukan Dira adalah: - Memasukkan air - Memasukkan zat cair - Menentukan titik ac-uan (tekanan sama) - Mengukur ketinggian permukaan masing-masing cairan - Memasukkan ke persamaan $\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$	- Menyusun urutan langkah penentuan massa jenis zat cair. - Menggunakan hubungan tinggi zat cair dan massa jenis dalam perhitungan.
8	Bagaimana perbedaan kondisi mahkota raja dalam air jika terbuat dari emas murni atau campuran?	- Merumuskan pertanyaan tentang perbedaan kondisi mahkota raja di dalam air. - Mengaitkan perbedaan tersebut dengan konsep massa jenis benda.
9	Penambahan garam ke dalam air membuat massa jenis air meningkat. Semakin banyak garam yang ditambahkan, semakin besar massa jenis air tersebut. Berdasarkan hukum Archimedes, sebuah benda akan mengapung jika gaya ke atas (gaya apung) lebih besar dibandingkan dengan berat benda. Gaya apung semakin besar jika massa jenis fluida semakin besar. - Gelas 1 (air tawar) memiliki massa jenis paling kecil sehingga telur tenggelam - Gelas 2 (1 sendok garam), massa jenis mulai meningkat sehingga telur mulai naik - Gelas 3 (2 sendok garam) memiliki massa jenis lebih besar sehingga telur mengapung sebagian	- Menjelaskan pengaruh penambahan garam terhadap massa jenis air. - Menyimpulkan hubungan massa jenis fluida dengan kondisi telur di dalam air.

No.	Jawaban	Indikator
	d) Gelas 4 (3 sendok garam) memiliki massa jenis paling tinggi sehingga telur mengapung hampir seluruhnya e) Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak garam yang ditambahkan gaya apung bertambah, dan telur menjadi lebih ringan dalam air dan cenderung mengapung.	
10	Mengapa bilah sepatu seluncur dibuat runcing dan bagaimana hal itu membantu pemain meluncur dan menjaga keseimbangan di atas es?	• Merumuskan masalah berdasarkan fenomena kontekstual. • Mengaitkan konsep tekanan dengan luas bidang sentuh.
11	Cairan yang memiliki viskositas paling tinggi adalah cairan B. Hal ini dikarenakan baut perlu waktu yang paling besar untuk mencapai dasar tabung, artinya gerakannya terhambat dengan gesekan paling tinggi.	• Menganalisis data hasil percobaan untuk menentukan tingkat viskositas zat cair. • Membandingkan sifat kekentalan beberapa zat cair secara rasional.
12	Sebuah benda dapat mengapung apabila memiliki massa jenis yang lebih kecil jika dibandingkan dengan massa jenis fluida. Benda akan tenggelam jika memiliki massa jenis yang lebih besar jika dibandingkan dengan massa jenis fluida. Daun akan mengapung di permukaan sungai karena massa jenisnya lebih kecil dibandingkan massa jenis air.	• Menyimpulkan hubungan massa jenis fluida dengan kondisi telur di dalam air. • Menentukan kondisi benda mengapung atau tenggelam berdasarkan massa jenis.
13	Jika luas penampang piston besar dan kecil dibuat sama, dongkrak hidrolik tidak lagi memberi keuntungan mekanis. Menurut Hukum Pascal, tekanan diteruskan sama besar ke seluruh fluida, sehingga gaya keluar akan sama dengan gaya yang masuk. Akibatnya, piston tidak dapat melipatgandakan gaya, sehingga alat tidak mampu mengangkat beban berat dan menjadi tidak efektif.	• Menganalisis hubungan gaya dan luas penampang piston. • Menarik kesimpulan berdasarkan prinsip Hukum Pascal.
14	Langkah-langkah: a) Mengisi gelas ukur dengan air pada ketinggian tertentu (V_0) b) Menimbang massa jenis masing-masing batu (m_1, m_2, m_3) c) Memasukkan batu pertama ke dalam gelas ukur dan mencatat volume air (V_a) d) Menghitung selisih volume air dan volume awal sehingga didapat volume batu pertama (V_1) e) Mengulangi langkah a-c untuk batu kedua dan ketiga sehingga didapat volume batu kedua (V_2) dan volume batu ketiga (V_3) f) Menghitung massa jenis ketiga batu dengan persamaan berikut:	• Menyusun langkah pengukuran volume benda tidak beraturan. • Menentukan massa jenis benda berdasarkan data hasil pengukuran.

No.	Jawaban	Indikator
	$\rho = \frac{m}{v}$ Sehingga didapat massa jenis batu pertama, kedua, dan ketiga (ρ_1, ρ_2, ρ_3) g) Bandingkan nilai massa jenis ketiga batu tersebut h) Simpulkan hasil praktikum yang dilakukan	
15	Masalah tersebut kemungkinan terjadi karena tekanan pada sistem rem hidrolik tidak tersalurkan dengan optimal. Menurut Hukum Pascal tekanan seharusnya diteruskan sama besar ke seluruh fluida. Jika cairan rem terlalu panas atau terkontaminasi, sebagian fluida dapat berubah menjadi uap sehingga tekanan tidak lagi tersalurkan sempurna. Hal ini mengakibatkan gaya pengereman berkurang dan kendaraan membutuhkan jarak lebih panjang untuk berhenti.	• Mengevaluasi penyebab masalah sistem hidrolik. • Mengaitkan gejala dengan prinsip Hukum Pascal.
16	Diketahui: Berat mobil $= F_2 = 1200 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 12000 \text{ N}$ Luas penampang piston kecil $= A_1 = 10 \text{ cm}^2 = 0,001 \text{ m}^2$ Luas penampang piston besar $= A_2 = 500 \text{ cm}^2 = 0,05 \text{ m}^2$ Ditanya: gaya piston kecil $= F_1$? Penyelesaian: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ $\frac{F_1}{0,001} = \frac{12000}{0,05}$ $0,05 F_1 = 12$ $F_1 = 240 \text{ N}$ Jadi, gaya minimal yang harus diberikan pada piston kecil agar mobil dapat terangkat adalah 240 N sedangkan gaya yang mampu diberikan dongkrak adalah 200 N sehingga mekanik sebaiknya tidak menggunakan dongkrak ini untuk mengangkat mobil.	• Menganalisis kelayakan penggunaan dongkrak hidrolik berdasarkan data kuantitatif. • Menarik keputusan yang logis berdasarkan hasil perhitungan fisika.
17	Hukum Pascal memiliki persamaan: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ Oleh karena itu, berat mobil 100 kali dari tenaga montir ($F_2 = 100F_1$), maka: $\frac{1}{A_1} = \frac{100}{A_2}$ Atau $A_2 = 100 A_1$ atau $A_1 : A_2 = 1 : 100$ Maka ia harus menggunakan dongkrak hidrolik yang spesifikasi luas silinder besarnya minimal 100 kali dari luas silinder kecilnya.	• Menentukan perbandingan luas penampang piston berdasarkan Hukum Pascal. • Menjelaskan hubungan perbandingan luas piston dengan gaya yang dihasilkan.

No.	Jawaban	Indikator
18	Air dan raksa menunjuk-kan perilaku kapilaritas yang berbeda karena adanya ketidakseimbangan antara gaya kohesi (gaya tarik antar molekul sejenis) dan gaya adhesi (gaya tarik antar molekul zat cair dengan dinding pipa). Pada air, gaya adhesi terhadap kaca lebih besar daripada gaya kohesi air, sehingga air ditarik naik ke pipa kapiler dan membentuk permukaan cekung. Sebaliknya, pada raksa, gaya kohesi antar molekul raksa jauh lebih besar daripada gaya adhesi raksa terhadap kaca, menyebabkan raksa menolak dinding pipa dan permukaannya turun (lebih rendah dari permukaan luar) dengan meniskus cembung.	• Menjelaskan perbedaan perilaku kapilaritas berdasarkan interaksi gaya kohesi dan adhesi. • Mengaitkan konsep kohesi3 adhesi dengan bentuk permukaan zat cair.
19	Modifikasi paling efektif untuk meningkatkan kinerja dongkrak hidrolik adalah menggunakan piston yang ukurannya lebih besar (Pilihan a). Berdasarkan Hukum Pascal, gaya angkat (F_2) sebanding dengan rasio luas penampang piston besar (A_2) terhadap piston kecil (A_1). Dengan memper-besar A_2, rasio $\frac{A_2}{A_1}$ meningkat tajam, sehingga gaya output yang dihasilkan untuk menga-ngkat mobil menjadi jauh lebih besar. Kelebihan-nya adalah peningkatan gaya angkat maksimum yang signifikan dan per-manen. Kekurangannya adalah jarak angkat per langkah pompa akan berkurang dan waktu un-tuk mencapai ketinggi-an yang sama akan lebih lama, serta memerlukan perubahan desain fisik dongkrak.	• Mengevaluasi efektivitas beberapa alternatif modifikasi sistem hidrolik. • Menyajikan argumen logis disertai kelebihan dan keter-batasan solusi terpilih.
20	Agar plastisin dapat mengapung di permukaan air, siswa perlu meningkatkan gaya apung yang bekerja pada plastisin tersebut. Gaya apung adalah gaya ke atas yang diberikan oleh air pada benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya di dalamnya. Untuk meningkatkan gaya apung, siswa dapat melakukan: 1. Mengubah bentuk bola plastisin menjadi bentuk yang lebih pipih atau memanjang seperti perahu, permukaan plastisin yang bersentuhan dengan air akan lebih luas. 2. Membuat rongga di dalam plastisin, volume air yang dipindahkan akan bertambah tanpa menaikkan massa plastisin secara signifikan. 3. Menempelkan benda yang ringan seperti gabus atau styrofoam pada plastisin, massa jenis keseluruhan benda akan berkurang.	• Menjelaskan hubungan gaya apung dan volume fluida yang dipindahkan. • Menerapkan prinsip Hukum Archimedes secara tepat.
21	Semburan air dari lubang yang lebih bawah lebih deras karena lubang ter-sebut berada pada kedalaman (h) yang lebih be-sar di bawah permukaan air. Berdasar-kan rumus tekanan hidrostatik ($P_h = \rho gh$), kedalaman yang lebih besar menghasilkan teka-nan hidrostatik yang lebih besar pada lubang tersebut. Menurut Huk-um Torricelli, kecepatan	• Menganalisis pengaruh kedalaman terhadap besar tekanan hidrostatik. • Menjelaskan hubungan tekanan hidrostatik dengan kecepatan aliran fluida.

No.	Jawaban	Indikator
	semburan (v) air berbanding lurus dengan akar kedalaman ($v = \sqrt{2gh}$), sehingga tekanan yang lebih besar di lubang bawah mendorong air keluar dengan kecepatan dan intensitas semburan yang lebih tinggi.	
22	Diketahui: $\rho_f = 1000 \text{ kg/m}^3$ $V_b = 20 \times 15 \times 10 = 3000 \text{ cm}^3 = 0,003 \text{ m}^3$ $V_T = \frac{4}{5} V_b$ Ditanya: $m = ?$ Penyelesaian: a) Menentukan massa jenis benda $\rho_b V_b = \rho_f V_f$ $\rho_b V_b = 1000 \times \frac{4}{5} V_b$ $\rho_b = 800 \text{ kg/m}^3$ b) Menentukan massa benda $\rho_b = \frac{m}{V_b}$ $800 = \frac{m}{0,003}$ $m = 2,4 \text{ kg}$ c) Menentukan massa total Misalkan massa total sebagai m_{bt}. Karena diketahui benda yang bermassa 2,4 kg harus tenggelam ke dalam air, maka $V_T = V_b = 0,003 \text{ m}^3$. Volume benda total juga misalkan sebagai V_{bt} dan massa jenis total benda dimisalkan sebagai ρ_{bt} yaitu 800 kg/m^3, maka: $\rho_b V_b = \rho_f V_f$ $\rho_b V_{bt} = \rho_f V_b$ $800 \times V_{bt} = \frac{1000 \times 0,003}{3}$ $V_{bt} = \frac{1}{800} \text{ m}^3$ d) Menentukan massa total benda setelah ditambahkan: $\rho_{bt} = \frac{m_{bt}}{V_{bt}}$ $m_{bt} = \rho_{bt} V_{bt} = 800 \times \frac{1}{800} = 1 \text{ kg}$ e) Menentukan massa benda yang ditambahkan adalah $x = m_{bt} - m = 1 - 2,4 = -1,4 \text{ kg} = 1400 \text{ gram}$. Benda dapat ditenggelamkan dengan menambahkan	• Menentukan massa jenis benda berdasarkan data yang diberikan. • Menentukan massa tambahan yang diperlukan agar benda tenggelam seluruhnya.

No.	Jawaban	Indikator
	benda bermassa 600 gram beratnya 6 N atau ditekan dengan gaya sebesar 6 N.	
23	Langkah-langkah: - Menyiapkan alat dan bahan - Meletakkan ketiga cairan pada masing-masing gelas - Mencelupkan ujung bahan berpori pertama (kain katun) ke dalam cairan pertama (air). - Ukur ketinggian cairan yang naik setiap menit. - Ulangi pada cairan kedua dan ketiga. - Lakukan tiga langkah sebelumnya dengan bahan berpori kedua dan ketiga - Bandingkan dan ketinggian cairan per menitnya pada tiap bahan. - Tarik kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh.	- Menyusun langkah-langkah percobaan secara sistematis dan berurutan. - Menentukan variabel yang memengaruhi kecepatan naiknya cairan pada bahan berpori.
24	Berdasarkan perbedaan tinggi air berwarna di dalam selang U (manometer sederhana) pada kedalaman yang sama, dapat disimpulkan bahwa tiga zat cair tersebut memiliki tekanan hidrostatik dan massa jenis (ρ) yang berbeda-beda. Karena ujung selang U dimasukkan pada kedalaman (h) yang sama pada setiap bejana, perbedaan ketinggian air berwarna yang timbul menunjukkan perbedaan tekanan hidrostatik (P_h) yang diberikan oleh zat cair luar. Karena $P_h = \rho gh$ dan g serta h dibuat sama, maka P_h hanya dipengaruhi oleh massa jenis (ρ) zat cair tersebut. Semakin tinggi kenaikan air berwarna di selang U, semakin besar tekanan hidrostatik zat cair luar, dan berarti semakin besar massa jenis zat cair tersebut. Dari gambar, urutan massa jenis dari yang terbesar adalah Air > Minyak > Oli, karena air (bejana 1) menghasilkan perbedaan ketinggian air berwarna terkecil (tekanan terbesar), dan oli (bejana 3) menghasilkan perbedaan ketinggian terbesar (tekanan terkecil).	- Menganalisis data hasil pengamatan manometer sederhana. - Menarik kesimpulan ilmiah mengenai perbedaan massa jenis zat cair.
25	Agar tenaga yang digunakan untuk mengangkat beban kecil ($F_1 <$), maka perbandingan A_1 dengan A_2 harus menghasilkan perbandingan yang paling kecil. Dari persamaan di bawah ini: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ $F_1 = \frac{A_1}{A_2} \cdot F_2$ Perbandingan $\frac{A_1}{A_2}$ yang paling kecil dari gambar adalah gambar C. Sehingga bentuk alat hidrolik berupa bejana U yang paling tepat adalah C	- Menentukan perbandingan luas penampang yang menghasilkan gaya terkecil. - Menentukan bentuk alat hidrolik yang paling tepat berdasarkan perhitungan.

Lampiran 1.4. Kisi-kisi Tes Keterampilan Berpikir Kritis yang Digunakan

Satuan Pendidikan : SMA
 Mata Pelajaran : Fisika
 Kurikulum : Kurikulum Merdeka
 Alokasi Waktu : 90 menit
 Jumlah : 12 butir soal esai
 Pokok Bahasan : Fluida Statis

Capaian Pembelajaran: siswa mampu menganalisis fenomena fisika di lingkungan sekitar terkait konsep tekanan hidrostatik, Hukum Pascal, dan Hukum Archimedes, serta mengaplikasikan konsep-konsep tersebut dalam pemecahan masalah dan merancang prosedur percobaan.

Dimensi	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Level Kognitif	No. Soal	Jumlah Soal	Jumlah Soal/Dimensi
Merumuskan Masalah (D1)	Merumuskan permasalahan berdasarkan informasi atau fenomena yang disajikan	C6	1	1	2
	Menyusun pertanyaan atau alternatif permasalahan yang relevan		2	1	
Memberikan Argumen (D2)	Membangun argumen yang didukung oleh alasan yang sesuai.	C6	4	1	2
	Membandingkan persamaan dan perbedaan berdasarkan informasi yang tersedia.		8	1	
Menganalisis Deduksi (D3)	Menganalisis informasi berdasarkan prinsip atau konsep yang relevan secara logis.	C4	10	1	2
	Menginterpretasikan pertanyaan untuk memperoleh makna yang tepat.		3	1	
Menganalisis Induksi (D4)	Menganalisis data atau informasi yang diperoleh dari suatu permasalahan.	C4	7	1	2
	Mengaitkan hubungan antar data untuk menemukan pola atau kecenderungan tertentu.		12	1	
Melakukan Evaluasi (D5)	Menilai solusi atau saran yang sesuai dengan permasalahan yang diberikan.	C5	6	1	2
	Mengevaluasi alternatif solusi berdasarkan konsep atau teori yang relevan.		5	1	

Dimensi	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Level Kognitif	No. Soal	Jumlah Soal	Jumlah Soal/Dimensi
Memutuskan dan Melaksanakan (D6)	Menentukan alternatif penyelesaian yang paling tepat dari beberapa pilihan yang tersedia.	C6	9	1	2
	Merancang solusi yang akan dilaksanakan berdasarkan teori yang relevan.		11	1	
Total					12



Lampiran 1.5 Tes Keterampilan Berpikir Kritis yang Digunakan

TES KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS

MATERI : FLUIDA STATIS

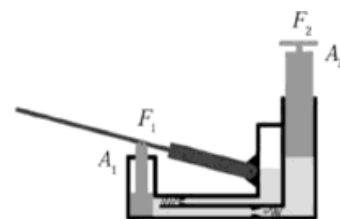
(Waktu: 90 menit)

Petunjuk pengerjaan soal:

1. Tuliskan identitas Anda secara lengkap dan jelas pada lembar jawaban yang telah disediakan.
 2. Cermatilah seluruh soal! Jika terdapat soal yang kurang jelas, silahkan tanyakan kepada pengawas ruangan.
 3. Kerjakanlah soal yang dianggap mudah terlebih dahulu!
 4. Kerjakan soal secara mandiri dan jujur!
-

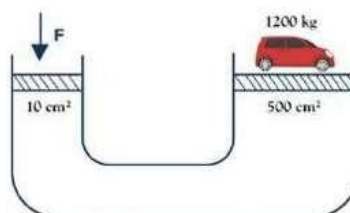
Kerjakan soal berikut dengan jawaban yang tepat!

1. Seorang peneliti oseanografi membawa sebuah tabung berisi air untuk percobaan tekanan hidrostatis. Ia menempatkan sensor tekanan pada kedalaman 30 cm di dalam tabung tersebut dan melakukan pengukuran di permukaan Bumi. Beberapa minggu kemudian, peneliti tersebut berada di pesawat ruang angkasa yang sedang melakukan perjalanan jauh, di mana gaya gravitasi di dalam pesawat jauh lebih kecil daripada gravitasi Bumi. Ia kembali mengukur tekanan pada kedalaman yang sama. Berdasarkan cerita tersebut, rumuskan permasalahan ilmiah yang dapat diteliti dari percobaan ini!
2. Saat berada di arena es, para pemain memakai sepatu khusus yang bagian bawahnya berbentuk bilah tipis. Dengan desain tersebut, mereka bisa meluncur dengan cepat di atas permukaan es tanpa mudah terpeleset. Pernahkah kamu memikirkan, mengapa bagian bawah sepatu seluncur dibuat runcing seperti itu? Apa yang membuat pemain tetap dapat meluncur dan mengontrol gerakannya di atas es yang beku? Rumuskan permasalahan yang dapat ditanyakan dari peristiwa tersebut!
3. Rafi melihat seorang montir menggunakan alat hidrolik untuk mengangkat sepeda motor di bengkel. Montir menekan piston kecil, lalu perlahan-lahan motor terangkat karena tekanan pada fluida diteruskan ke piston yang lebih



besar. Rafi kemudian penasaran, bagaimana jika ukuran piston kecil dan piston besar pada alat hidrolik tersebut dibuat sama? Menurutmu, apa yang akan terjadi pada kemampuan alat tersebut dalam mengangkat beban? Jelaskan alasanmu berdasarkan prinsip Hukum Pascal!

4. Seorang guru meminta siswa melakukan percobaan tentang gaya apung menggunakan sepotong plastisin dan sebuah baskom berisi air. Awalnya, siswa membentuk plastisin tersebut menjadi gumpalan padat yang menyerupai bola kecil. Ketika dimasukkan ke dalam air, plastisin itu langsung tenggelam ke dasar baskom. Menurut pendapatmu, apa yang dapat dilakukan siswa agar plastisin tersebut bisa mengapung di permukaan air? Jelaskan alasannya!
5. Sebuah perusahaan travel memiliki beberapa minibus yang menggunakan sistem rem hidrolik. Dalam beberapa minggu terakhir, para pengemudi mulai mengeluhkan bahwa pedal rem terasa semakin keras saat diinjak, dan kendaraan membutuhkan jarak yang lebih panjang untuk berhenti, terutama setelah menempuh rute panjang di daerah berbukit. Selain itu, beberapa sopir juga mencium bau seperti benda yang terbakar ketika menggunakan rem terlalu sering. Berdasarkan gejala tersebut serta prinsip Hukum Pascal pada sistem rem hidrolik, evaluasilah kemungkinan penyebab terjadinya kondisi tersebut, dan tentukan alternatif solusi yang tepat untuk mengatasinya!
6. Seorang teknisi di sebuah bengkel ingin mengangkat mobil pelanggan yang memiliki massa 1200 kg menggunakan dongkrak hidrolik. Dongkrak tersebut memiliki dua piston dengan luas penampang berbeda, yaitu piston kecil seluas 10 cm^2 dan piston besar seluas 500 cm^2 seperti pada gambar berikut.



Namun, dongkrak ini hanya mampu menghasilkan gaya maksimum 200 N pada piston kecil. Jika dipaksakan bekerja melebihi batas kemampuannya, dongkrak dapat mengalami kerusakan. Menurut Anda, apakah teknisi tersebut sebaiknya

tetap memakai dongkrak itu untuk mengangkat mobil? Berikan alasan yang mendukung pendapat Anda. Jika tidak, jelaskan solusi yang dapat dilakukan agar mobil tetap dapat diangkat dengan aman.

7. Bima melakukan percobaan untuk membandingkan kekentalan beberapa jenis cairan. Ia menyiapkan tiga gelas ukur berisi cairan berbeda dengan volume yang sama. Dari permukaan cairan, Bima menjatuhkan sebuah baut kecil dan mengukur waktu yang dibutuhkan baut untuk mencapai dasar gelas. Setelah melakukan tiga kali percobaan, ia mencatat hasilnya sebagai berikut:

No	Jenis Cairan	Waktu Tempuh (s)
1	Cairan A	4,2
2	Cairan B	7,8
3	Cairan C	5,1

Berdasarkan hasil tersebut, cairan manakah yang memiliki viskositas paling tinggi? Jelaskan alasannya!

8. Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair dalam celah sempit atau pipa kapiler. Salah satu contoh kapilaritas dapat dilihat pada sumbu kompor minyak tanah, di mana minyak dapat meresap naik melalui serat-serat kain yang sangat kecil. Fenomena ini juga dapat diamati pada air dan raksa yang menunjukkan perilaku berbeda ketika dimasukkan ke dalam pipa kapiler.

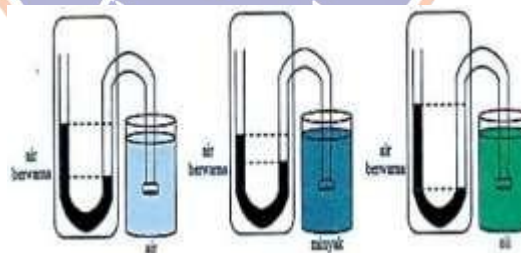


Menurut pendapatmu, mengapa air dan raksa menunjukkan perbedaan perilaku kapilaritas? Jelaskan alasanmu berdasarkan konsep gaya kohesi dan adhesi!

9. Seorang teknisi bengkel sedang mempertimbangkan untuk meningkatkan kemampuan dongkrak hidrolik yang sering dipakai untuk mengangkat mobil-mobil berat. Ia memiliki tiga pilihan modifikasi berikut:
- d) Menggunakan piston yang ukurannya lebih besar.
 - e) Mengganti fluida hidrolik dengan jenis lain.
 - f) Menambahkan satu unit pompa hidrolik tambahan.

Menurutmu, modifikasi manakah yang paling efektif untuk meningkatkan kinerja dongkrak? Jelaskan alasan logis dari pilihanmu! Selain itu, berikan juga penilaian mengenai kelebihan dan kekurangan dari modifikasi yang kamu pilih!

10. Saat kamu memegang botol minum yang diisi penuh, lalu kamu menusuk bagian samping botol dengan jarum, air akan menyembur keluar. Jika kemudian kamu menusuk bagian botol yang letaknya lebih bawah, semburan air dari lubang yang lebih bawah terlihat lebih kuat. Mengapa semburan air dari lubang yang lebih bawah lebih deras dibandingkan lubang yang lebih atas?
11. Dalam sebuah kegiatan praktikum, kamu diminta menyelidiki bagaimana berbagai jenis cairan dapat meresap melalui bahan berpori. Kamu disediakan tiga jenis cairan, yaitu air, minyak goreng, dan alkohol, masing-masing sebanyak 50 ml. Selain itu, kamu juga memiliki tiga jenis bahan berpori: kain katun, kain wol, dan kertas tisu, semuanya berukuran $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$. Tugasmu adalah merancang prosedur percobaan untuk mengetahui faktor apa yang paling memengaruhi kecepatan naiknya cairan pada berbagai bahan berpori tersebut. Tuliskanlah langkah-langkah percobaan yang harus dilakukan!
12. Terdapat tiga buah bejana yang masing-masingnya diisi oleh zat cair yang berbeda. Pada bagian ujung sebuah selang berbentuk U yang berisi air berwarna dimasukkan ke dalam masing-masing bejana pada kedalaman yang sama seperti pada gambar.



Setelah selang U dicelupkan, tampak bahwa ketinggian air berwarna di dalam selang tidak sama pada tiap bejana. Berdasarkan perbedaan tinggi air berwarna dalam selang U pada ketiga gambar tersebut, jelaskan apa yang dapat kamu simpulkan dan jelaskan alasan ilmiah yang mendukung kesimpulanmu!

Lampiran 1.6 Rubik Penilaian Tes Keterampilan Berpikir Kritis yang Digunakan

No.	Jawaban	Indikator
1	Bagaimanakah pengaruh percepatan gravitasi terhadap tekanan hidrostatik pada suatu titik?	- Merumuskan masalah dalam bentuk pertanyaan ilmiah yang jelas. - Mengaitkan variabel percepatan gravitasi dan tekanan hidrostatik.
2	Mengapa bilah sepatu seluncur dibuat runcing dan bagaimana hal itu membantu pemain meluncur dan menjaga keseimbangan di atas es?	- Merumuskan masalah berdasarkan fenomena kontekstual. - Mengaitkan konsep tekanan dengan luas bidang sentuh.
3	Jika luas penampang piston besar dan kecil dibuat sama, dongkrak hidrolik tidak lagi memberi keuntungan mekanis. Menurut Hukum Pascal, tekanan diteruskan sama besar ke seluruh fluida, sehingga gaya keluar akan sama dengan gaya yang masuk. Akibatnya, piston tidak dapat melipatgandakan gaya, sehingga alat tidak mampu mengangkat beban berat dan menjadi tidak efektif.	- Menganalisis hubungan gaya dan luas penampang piston. - Menarik kesimpulan berdasarkan prinsip Hukum Pascal.
4	Agar plastisin dapat mengapung di permukaan air, siswa perlu meningkatkan gaya apung yang bekerja pada plastisin tersebut. Gaya apung adalah gaya ke atas yang diberikan oleh air pada benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya di dalamnya. Untuk meningkatkan gaya apung, siswa dapat melakukan: 4. Mengubah bentuk bola plastisin menjadi bentuk yang lebih pipih atau memanjang seperti perahu, permukaan plastisin yang bersentuhan dengan air akan lebih luas. 5. Membuat rongga di dalam plastisin, volume air yang dipindahkan akan bertambah tanpa menaikkan massa plastisin secara signifikan. 6. Menempelkan benda yang ringan seperti gabus atau styrofoam pada plastisin, massa jenis keseluruhan benda akan berkurang.	- Menjelaskan hubungan gaya apung dan volume fluida yang dipindahkan. - Menerapkan prinsip Hukum Archimedes secara tepat.
5	Masalah tersebut kemungkinan terjadi karena tekanan pada sistem rem hidrolik tidak tersalurkan dengan optimal. Menurut Hukum Pascal tekanan seharusnya diteruskan sama besar ke seluruh fluida. Jika cairan rem terlalu panas atau terkontaminasi, sebagian fluida dapat berubah menjadi uap sehingga tekanan tidak lagi tersalurkan sempurna. Hal ini mengakibatkan gaya pengereman berkurang dan kendaraan membutuhkan jarak lebih panjang untuk berhenti.	- Mengevaluasi penyebab masalah sistem hidrolik. - Mengaitkan gejala dengan prinsip Hukum Pascal.
6	Diketahui: Berat mobil = $F_2 = 1200 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 12000 \text{ N}$ Luas penampang piston kecil = $A_1 = 10 \text{ cm}^2 = 0,001 \text{ m}^2$ Luas penampang piston besar = $A_2 = 500 \text{ cm}^2 = 0,05 \text{ m}^2$ Ditanya: gaya piston kecil = F_1 ?	- Menganalisis kelayakan penggunaan dongkrak hidrolik berdasarkan data kuantitatif. - Menarik keputusan yang logis berdasarkan hasil perhitungan fisika.

No.	Jawaban	Indikator
	Penyelesaian: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ $\frac{F_1}{0,001} = \frac{12000}{0,05}$ $0,05 F_1 = 12$ $F_1 = 240 \text{ N}$ Jadi, gaya minimal yang harus diberikan pada piston kecil agar mobil dapat terangkat adalah 240 N sedangkan gaya yang mampu diberikan dongkrak adalah 200 N sehingga mekanik sebaiknya tidak menggunakan dongkrak ini untuk mengangkat mobil.	
7	Cairan yang memiliki viskositas paling tinggi adalah cairan B. Hal ini dikarenakan baut perlu waktu yang paling besar untuk mencapai dasar tabung, artinya gerakannya terhambat dengan gesekan paling tinggi.	• Menganalisis data hasil percobaan untuk menentukan tingkat viskositas zat cair. • Membandingkan sifat kekentalan beberapa zat cair secara rasional.
8	Air dan raksa menunjuk-kan perilaku kapilaritas yang berbeda karena adanya ketidakseimbangan antara gaya kohesi (gaya tarik antar molekul sejenis) dan gaya adhesi (gaya tarik antar molekul zat cair dengan dinding pipa). Pada air, gaya adhesi terhadap kaca lebih besar daripada gaya kohesi air, sehingga air ditarik naik ke pipa kapiler dan membentuk permukaan cekung. Sebaliknya, pada raksa, gaya kohesi antar molekul raksa jauh lebih besar daripada gaya adhesi raksa terhadap kaca, menyebabkan raksa menolak dinding pipa dan permukaannya turun (lebih rendah dari permukaan luar) dengan meniskus cembung.	• Menjelaskan perbedaan perilaku kapilaritas berdasarkan interaksi gaya kohesi dan adhesi. • Mengaitkan konsep kohesi3 adhesi dengan bentuk permukaan zat cair.
9	Modifikasi paling efektif untuk meningkatkan kinerja dongkrak hidrolik adalah menggunakan piston yang ukurannya lebih besar (Pilihan a). Berdasarkan Hukum Pascal, gaya angkat (F_2) sebanding dengan rasio luas penampang piston besar (A_2) terhadap piston kecil (A_1). Dengan memper-besarkan A_2, rasio $\frac{A_2}{A_1}$ meningkat tajam, sehingga gaya output yang dihasilkan untuk menga-ngkat mobil menjadi jauh lebih besar. Kelebihan-nya adalah peningkatan gaya angkat maksimum yang signifikan dan per-manen. Kekurangannya adalah jarak angkat per langkah pompa akan berkurang dan waktu un-tuk mencapai ketinggi-an yang sama akan lebih lama, serta memerlukan perubahan desain fisik dongkrak.	• Mengevaluasi efektivitas beberapa alternatif modifikasi sistem hidrolik. • Menyajikan argumen logis disertai kelebihan dan keterbatasan solusi terpilih.
10	Semburan air dari lubang yang lebih bawah lebih deras karena lubang ter-sebut berada pada kedalaman (h) yang lebih be-sar di bawah permukaan air. Berdasar-kan rumus tekanan hidrostatik ($P_h = \rho gh$), kedalaman yang lebih besar menghasilkan teka-nan hidrostatik yang lebih besar pada lubang tersebut. Menurut Huk-um Torricelli, kecepatan semburan (v) air berbanding lurus dengan akar	• Menganalisis pengaruh kedalaman terhadap besar tekanan hidrostatik. • Menjelaskan hubungan tekanan hidrostatik dengan kecepatan aliran fluida.

No.	Jawaban	Indikator
	kedalaman ($v = \sqrt{2gh}$), sehingga tekanan yang lebih besar di lubang bawah mendorong air keluar dengan kecepatan dan intensitas semburan yang lebih tinggi.	
11	Langkah-langkah: - Menyiapkan alat dan bahan - Meletakkan ketiga cairan pada masing-masing gelas - Mencelupkan ujung bahan berpori pertama (kain katun) ke dalam cairan pertama (air). - Ukur ketinggian cairan yang naik setiap menit. - Ulangi pada cairan kedua dan ketiga. - Lakukan tiga langkah sebelumnya dengan bahan berpori kedua dan ketiga - Bandingkan data ketinggian cairan per menitnya pada tiap bahan. - Tarik kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh.	- Menyusun langkah-langkah percobaan secara sistematis dan berurutan. - Menentukan variabel yang memengaruhi kecepatan naiknya cairan pada bahan berpori.
12	Berdasarkan perbedaan tinggi air berwarna di dalam selang U (manometer sederhana) pada kedalaman yang sama, dapat disimpulkan bahwa tiga zat cair tersebut memiliki tekanan hidrostatik dan massa jenis (ρ) yang berbeda-beda. Karena ujung selang U dimasukkan pada kedalaman (h) yang sama pada setiap bejana, perbedaan ketinggian air berwarna yang timbul menunjukkan perbedaan tekanan hidrostatik (P_h) yang diberikan oleh zat cair luar. Karena $P_h = \rho gh$ dan g serta h dibuat sama, maka P_h hanya dipengaruhi oleh massa jenis (ρ) zat cair tersebut. Semakin tinggi kenaikan air berwarna di selang U, semakin besar tekanan hidrostatik zat cair luar, dan berarti semakin besar massa jenis zat cair tersebut. Dari gambar, urutan massa jenis dari yang terbesar adalah Air > Minyak > Oli, karena air (bejana 1) menghasilkan perbedaan ketinggian air berwarna terkecil (tekanan terbesar), dan oli (bejana 3) menghasilkan perbedaan ketinggian terbesar (tekanan terkecil).	- Menganalisis data hasil pengamatan manometer sederhana. - Menarik kesimpulan ilmiah mengenai perbedaan massa jenis zat cair.

LAMPIRAN II
HSIL UJI COBA INSTRUMEN

Lampiran 2.1	Data Hasil Uji Coba Tes Keterampilan Berpikir Kritis
Lampiran 2.2	Hasil Analisis IDB dan IKB dari Data Hasil Uji Coba
Lampiran 2.3	Hasil Analisis Konsistensi Internal Butir dari Hasil Uji Coba
Lampiran 2.4	Hasil Analisis Reliabilitas Tes Keterampilan Berpikir Kritis
Lampiran 2.5	Rekapitulasi Hasil Analisis Uji Coba Tes Keterampilan Berpikir Kritis



Lampiran 2.1. Data Hasil Uji Coba Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Sekolah Uji Coba : SMA Negeri 1 Seririt

Kelas : XII-1, XII-2, dan XII-3

Jumlah Responden : 82 orang

Jumlah soal : 25 butir

No	Responden	No Butir																									Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	Siswa 1	2	4	0	4	2	1	1	3	2	4	4	3	2	0	1	2	1	2	1	2	1	0	0	0	0	42
2	Siswa 2	2	2	2	1	0	3	2	2	3	4	3	3	4	2	1	2	3	1	3	2	4	1	2	1	0	53
3	Siswa 3	1	4	3	4	2	0	0	0	0	0	4	4	3	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	32
4	Siswa 4	4	4	0	3	0	0	0	0	3	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
5	Siswa 5	4	4	4	4	3	1	3	1	3	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
6	Siswa 6	3	4	1	4	3	1	1	2	2	3	2	3	3	3	2	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	44
7	Siswa 7	2	3	1	2	3	0	1	0	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	2	2	1	0	0	0	0	51
8	Siswa 8	2	4	0	0	1	3	2	0	3	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
9	Siswa 9	2	4	0	4	3	1	2	4	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
10	Siswa 10	3	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3	2	1	4	3	3	3	4	4	2	2	0	0	74
11	Siswa 11	4	4	4	3	2	0	0	2	3	3	4	4	3	1	3	2	1	4	0	3	3	1	1	2	1	58
12	Siswa 12	2	2	2	2	4	3	2	3	3	3	4	4	3	2	2	1	0	2	2	4	4	1	1	2	1	59
13	Siswa 13	1	4	4	4	2	3	1	2	2	2	4	4	1	2	3	2	1	4	4	4	4	0	0	0	0	58
14	Siswa 14	4	0	4	3	4	0	4	4	4	3	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
15	Siswa 15	1	2	0	4	3	1	1	0	4	1	0	2	2	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	25
16	Siswa 16	3	4	0	4	3	0	0	1	3	3	0	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
17	Siswa 17	2	4	0	0	0	3	1	3	3	0	0	4	2	1	2	0	0	2	1	0	3	2	0	2	0	35
18	Siswa 18	2	2	3	3	2	3	0	2	3	4	4	4	4	3	2	4	1	4	3	3	3	0	0	0	0	59
19	Siswa 19	2	2	0	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
20	Siswa 20	1	4	4	1	4	4	1	0	4	0	4	4	3	1	2	2	1	3	3	3	4	1	1	0	0	55
21	Siswa 21	2	4	4	3	1	3	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
22	Siswa 22	2	4	0	4	2	0	3	0	4	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
23	Siswa 23	4	4	4	4	4	0	2	2	4	3	4	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
24	Siswa 24	3	4	4	4	4	0	3	2	4	3	4	4	3	3	3	1	0	3	3	3	3	2	1	3	0	67
25	Siswa 25	4	4	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
26	Siswa 26	3	4	0	4	4	1	2	3	4	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
27	Siswa 27	4	4	4	4	3	3	3	3	4	3	4	4	3	3	4	3	1	3	3	3	4	0	3	3	4	80
28	Siswa 28	2	3	3	4	2	0	2	2	4	3	4	4	3	3	2	1	1	2	3	3	4	2	0	0	0	57
29	Siswa 29	1	4	4	4	4	0	2	2	4	3	4	4	3	2	3	3	1	4	4	3	3	3	2	1	0	68
30	Siswa 30	2	4	2	3	2	3	2	0	1	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
31	Siswa 31	4	4	4	4	4	1	2	3	4	3	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	4	3	2	3	4	86
32	Siswa 32	2	4	4	4	4	0	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	2	4	4	4	4	3	3	4	4	85
33	Siswa 33	3	4	0	4	4	3	3	0	2	0	4	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
34	Siswa 34	3	4	4	4	4	0	2	3	3	2	4	4	3	3	4	3	3	4	4	4	4	0	0	0	0	65
35	Siswa 35	4	4	0	4	2	0	3	0	4	0	4	4	3	3	3	3	3	4	4	0	0	0	0	0	0	52
36	Siswa 36	3	4	4	4	3	4	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
37	Siswa 37	3	2	0	4	3	3	3	3	3	0	4	4	2	3	3	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	48
38	Siswa 38	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	2	3	4	4	4	4	4	4	1	2	2	0	81
39	Siswa 39	3	4	0	4	4	0	3	0	4	4	4	3	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
40	Siswa 40	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	0	0	0	0	74
41	Siswa 41	3	4	4	4	3	0	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	0	0	0	0	65
42	Siswa 42	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	2	3	4	4	4	4	4	4	1	2	2	0	82
43	Siswa 43	3	0	4	4	4	4	3	0	3	3	4	4	4	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
44	Siswa 44	3	4	4	4	3	0	3	3	4	3	4	4	4	3	4	1	3	4	4	0	0	0	0	0	0	62

Kelompok atas 27% (22 Responden)

No	Responden	No Butir																									Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
1	Siswa 64	3	4	4	3	4	3	3	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4		91	
2	Siswa 78	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	0	90	
3	Siswa 60	3	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	4	2	3	3	4	87	
4	Siswa 71	3	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3	3	4	0	87	
5	Siswa 31	4	4	4	4	4	1	2	3	4	3	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	4	3	2	3	4	86	
6	Siswa 80	2	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	0	86	
7	Siswa 32	2	4	4	4	4	0	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	2	4	4	4	4	3	3	4	4	85	
8	Siswa 56	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	2	2	3	0	85	
9	Siswa 82	3	4	4	4	4	0	3	4	4	3	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	1	85	
10	Siswa 42	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	2	3	4	4	4	4	4	4	1	2	2	0	82	
11	Siswa 50	2	4	4	4	4	0	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	0	82	
12	Siswa 70	3	4	4	4	4	0	3	3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4	0	82	
13	Siswa 73	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3	0	0	0	82	
14	Siswa 38	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	2	3	4	4	4	4	4	4	1	2	2	0	81	
15	Siswa 27	4	4	4	4	3	3	3	3	4	3	4	4	3	3	4	3	1	3	3	3	4	0	3	3	4	80	
16	Siswa 62	3	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	0	0	2	4	79	
17	Siswa 77	3	4	4	4	4	0	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	0	3	4	79	
18	Siswa 75	3	2	0	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	4	4	0	3	2	4	78
19	Siswa 76	3	4	4	4	4	0	3	3	4	3	4	4	4	3	4	3	0	4	4	3	4	3	2	3	0	77	
20	Siswa 51	4	0	4	4	3	0	2	3	3	3	4	4	4	3	4	2	3	4	4	4	4	1	2	3	4	76	
21	Siswa 81	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3	0	4	3	3	4	3	1	3	0	75	
22	Siswa 10	3	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3	2	1	4	3	3	3	4	4	2	2	0	0	74	

Kelompok Bawah 27% (22 Responden)

No	Responden	No Butir																									Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	Siswa 6	3	4	1	4	3	1	1	2	2	3	2	3	3	3	2	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	44
2	Siswa 1	2	4	0	4	2	1	1	3	2	4	4	3	2	0	1	2	1	2	1	2	1	0	0	0	0	42
3	Siswa 47	2	2	0	4	1	0	1	0	4	0	4	4	4	1	3	2	0	2	4	4	0	0	0	0	0	42
4	Siswa 39	3	4	0	4	4	0	3	0	4	4	4	3	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
5	Siswa 72	3	4	0	4	3	0	3	0	4	0	4	4	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
6	Siswa 14	4	0	4	3	4	0	4	4	4	3	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
7	Siswa 33	3	4	0	4	4	3	3	0	2	0	4	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
8	Siswa 5	4	4	4	4	3	1	3	1	3	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
9	Siswa 17	2	4	0	0	0	3	1	3	3	0	0	4	2	1	2	0	0	2	1	0	3	2	0	2	0	35
10	Siswa 26	3	4	0	4	4	1	2	3	4	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
11	Siswa 16	3	4	0	4	3	0	0	1	3	3	0	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
12	Siswa 36	3	4	4	4	3	4	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
13	Siswa 3	1	4	3	4	2	0	0	0	0	0	4	4	3	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	32
14	Siswa 30	2	4	2	3	2	3	2	0	1	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
15	Siswa 22	2	4	0	4	2	0	3	0	4	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
16	Siswa 8	2	4	0	0	1	3	2	0	3	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
17	Siswa 9	2	4	0	4	3	1	2	4	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
18	Siswa 15	1	2	0	4	3	1	1	0	4	1	0	2	2	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	25
19	Siswa 21	2	4	4	3	1	3	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
20	Siswa 4	4	4	0	3	0	0	0	0	3	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
21	Siswa 25	4	4	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
22	Siswa 19	2	2	0	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15

Lampiran 2.2. Hasil Analisis IDB dan IKB dari Data Hasil Uji Coba

Analisis Indeks Daya Beda Butir (IDB)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jumlah Responden	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
Kelompok Atas dan Bawah (N)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Jumlah Skor K. Atas (H)	69	82	84	86	83	47	64	73	83	71	88
Jumlah Skor K. Bawah (L)	57	78	26	76	52	31	36	28	61	32	49
Skor Maksimum	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Skor Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Skor maks) - (Skor min)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
$\Sigma H - \Sigma L$	11	7	55	8	31	13	26	42	21	39	39
$N * (\text{Skor max} - \text{Skor min})$	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
Indeks Daya Beda Butir	0.136	0.0454	0.659	0.1136	0.352	0.18182	0.3182	0.511	0.25	0.4432	0.443
Hasil IDB	Sangat Rendah	Sangat Rendah	Sedang	Sangat Rendah	Rendah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Rendah	Sedang	Sedang

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
87	82	63	76	75	62	84	83	84	88	46	54	62	33
57	36	20	16	8	5	13	6	6	4	2	0	2	0
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
30	45	74	63	66	57	72	76	76	81	42	52	60	33
88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
0.34091	0.52273	0.48864	0.68182	0.76136	0.64773	0.80682	0.87500	0.88636	0.92045	0.50000	0.61364	0.68182	0.37500
Rendah	Sedang	Sedang	Sedang	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang	Rendah

Analisis Indeks Kesukaran Butir (IKB)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jumlah Responden	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
Kelompok Atas dan Bawah (N)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Jumlah Skor K. Atas (H)	69	82	84	86	83	47	64	73	83	71	88
Jumlah Skor K. Bawah (L)	57	78	26	76	52	31	36	28	61	32	49
Skor Maksimum	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Skor Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$2(N) * \text{Skor min}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Skor maks) - (Skor min)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
$\Sigma H + \Sigma L - (2N \times \text{Skor min})$	125	103	107	106	135	66	98	92	143	93	138
$2N * (\text{Skor max} - \text{Skor min})$	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176
Indeks Kesukaran Butir	0.72	0.59	0.62	0.61	0.77	0.39	0.57	0.54	0.82	0.53	0.779
Hasil IKB	Mudah	Sedang	Sedang	Sedang	Mudah	Sedang	Sedang	Sedang	Mudah	Sedang	Mudah

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
87	82	63	76	75	62	84	83	84	88	46	54	62	33
57	36	20	16	8	5	13	6	6	4	2	0	2	0
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
109	117	116	95	96	67	107	88	104	89	66	52	84	33
176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176
0.619	0.664	0.659	0.539	0.545	0.380	0.607	0.5	0.590	0.505	0.375	0.295	0.477	0.187
Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sukar	Sedang	Sukar



Lampiran 2.3. Hasil Analisis Konsistensi Internal Butir dari Hasil Uji Coba

Correlations			Kategori
Soal 1	Pearson Correlation	0,234	Konsisten
	N	82	
Soal 2	Pearson Correlation	0,179	Tidak Konsisten
	N	82	
Soal 3	Pearson Correlation	0,542	Konsisten
	N	82	
Soal 4	Pearson Correlation	0,241	Konsisten
	N	82	
Soal 5	Pearson Correlation	0,549	Konsisten
	N	82	
Soal 6	Pearson Correlation	0,063	Tidak Konsisten
	N	82	
Soal 7	Pearson Correlation	0,520	Konsisten
	N	82	
Soal 8	Pearson Correlation	0,582	Konsisten
	N	82	
Soal 9	Pearson Correlation	0,474	Konsisten
	N	82	
Soal 10	Pearson Correlation	0,524	Konsisten
	N	82	
Soal 11	Pearson Correlation	0,582	Konsisten
	N	82	
Soal 12	Pearson Correlation	0,601	Konsisten
	N	82	
Soal 13	Pearson Correlation	0,700	Konsisten
	N	82	
Soal 14	Pearson Correlation	0,689	Konsisten
	N	82	
Soal 15	Pearson Correlation	0,767	Konsisten
	N	82	
Soal 16	Pearson Correlation	0,850	Konsisten
	N	82	
Soal 17	Pearson Correlation	0,641	Konsisten
	N	82	
Soal 18	Pearson Correlation	0,775	Konsisten
	N	82	
Soal 19	Pearson Correlation	0,816	Konsisten
	N	82	
Soal 20	Pearson Correlation	0,799	Konsisten
	N	82	
Soal 21	Pearson Correlation	0,731	Konsisten
	N	82	
Soal 22	Pearson Correlation	0,639	Konsisten
	N	82	
Soal 23	Pearson Correlation	0,727	Konsisten
	N	82	
Soal 24	Pearson Correlation	0,715	Konsisten
	N	82	
Soal 25	Pearson Correlation	0,403	Konsisten
	N	82	

Lampiran 2.4. Hasil Analisis Reliabilitas Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	82	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	82	100.0

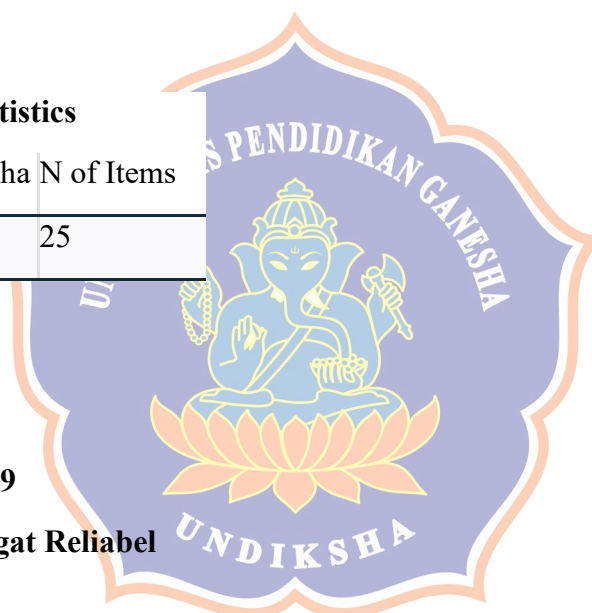
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.919	25

Hasil Uji: 0,919

Kriteria : Sangat Reliabel



Lampiran 2.5. Rekapitulasi Hasil Analisis Uji Coba Tes Keterampilan Berpikir Kritis

No	Indeks Daya Beda		Indeks Kesukaran Butir		Konsistensi Internal Butir		Keputusan
	d_{hitung}	Kriteria	I_{hitung}	Kriteria	r_{hitung}	Kriteria	
1	0.136	Sangat Rendah	0.716	Mudah	0,234	Konsisten	Tidak Digunakan
2	0.045	Sangat Rendah	0.591	Sedang	0,179	Tidak Konsisten	Tidak Digunakan
3	0.659	Sedang	0.625	Sedang	0,542	Konsisten	Digunakan
4	0.113	Sangat Rendah	0.614	Sedang	0,241	Konsisten	Tidak Digunakan
5	0.352	Rendah	0.767	Mudah	0,549	Konsisten	Tidak Digunakan
6	0.182	Sangat Rendah	0.392	Sedang	0,063	Tidak Konsisten	Tidak Digunakan
7	0.318	Rendah	0.568	Sedang	0,520	Konsisten	Tidak Digunakan
8	0.511	Sedang	0.539	Sedang	0,582	Konsisten	Tidak Digunakan
9	0.250	Rendah	0.818	Mudah	0,474	Konsisten	Tidak Digunakan
10	0.443	Sedang	0.528	Sedang	0,524	Konsisten	Digunakan
11	0.443	Sedang	0.778	Mudah	0,582	Konsisten	Digunakan
12	0.341	Rendah	0.619	Sedang	0,601	Konsisten	Tidak Digunakan
13	0.523	Sedang	0.670	Sedang	0,700	Konsisten	Digunakan
14	0.489	Sedang	0.483	Sedang	0,689	Konsisten	Tidak Digunakan
15	0.681	Tinggi	0.523	Sedang	0,767	Konsisten	Digunakan
16	0.761	Tinggi	0.551	Sedang	0,850	Konsisten	Digunakan
17	0.647	Tinggi	0.381	Sedang	0,641	Konsisten	Tidak Digunakan
18	0.807	Tinggi	0.602	Sedang	0,775	Konsisten	Digunakan
19	0.875	Tinggi	0.506	Sedang	0,816	Konsisten	Digunakan
20	0.886	Tinggi	0.602	Sedang	0,799	Konsisten	Digunakan
21	0,920	Tinggi	0.523	Sedang	0,731	Konsisten	Digunakan
22	0.500	Sedang	0.386	Sedang	0,639	Konsisten	Tidak Digunakan
23	0.613	Sedang	0.307	Sukar	0,727	Konsisten	Digunakan
24	0.682	Sedang	0.477	Sedang	0,715	Konsisten	Digunakan
25	0.375	Rendah	0.187	Sukar	0,403	Konsisten	Tidak Digunakan

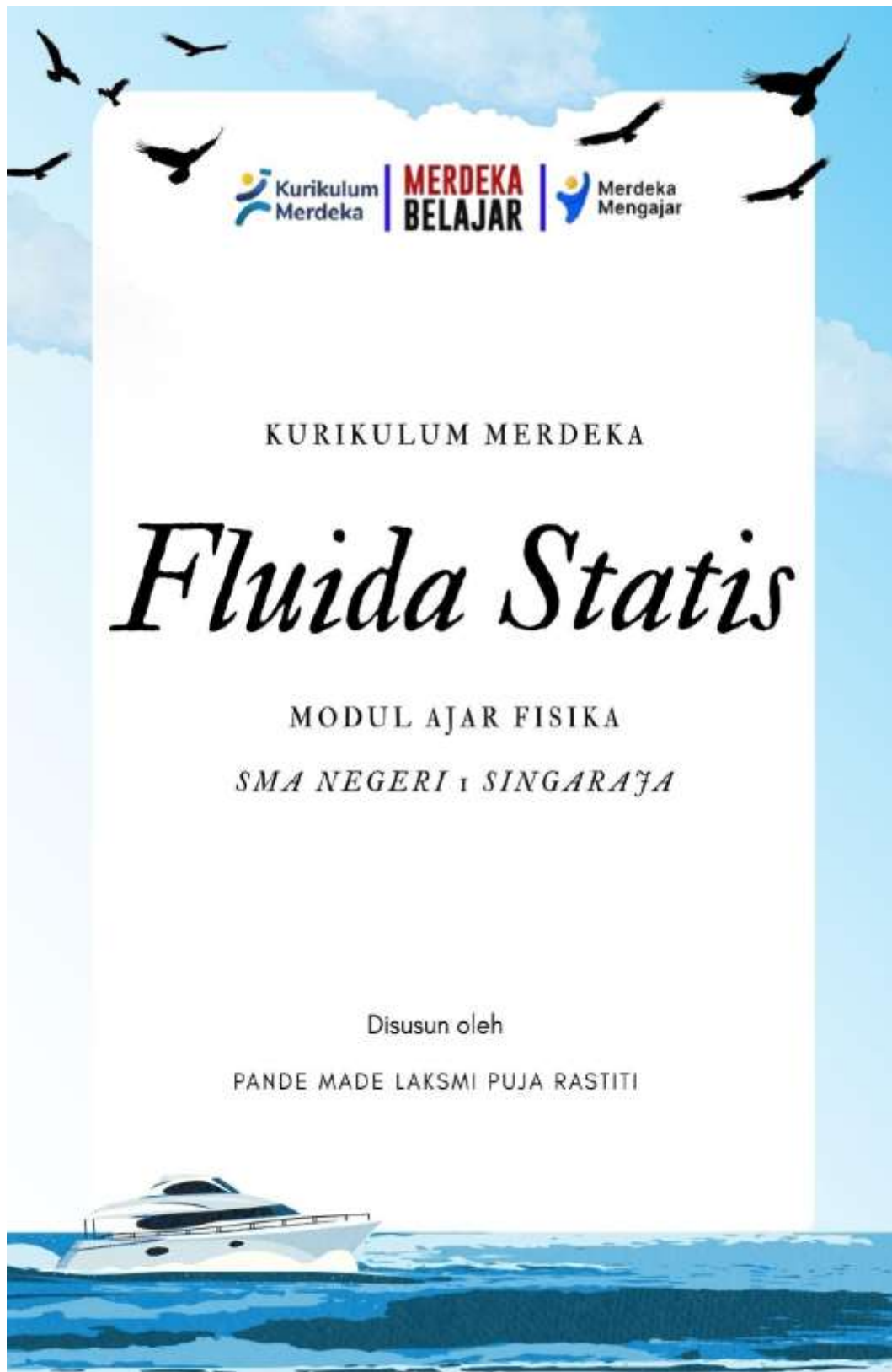
LAMPIRAN III

PERANGKAT PEMBELAJARAN

Lampiran 3.1	Modul Ajar Eksperimen 1 (Model PBL berbantuan simulasi PhET dan Lembar Kerja Peserta Didik
Lampiran 3.2	Modul Ajar Eksperimen 2 (Model PBL) dan Lembar Kerja Peserta Didik
Lampiran 3.3	Modul Ajar Kelas Kontrol (Model DI) dan Lembar Kerja Peserta Didik



Lampiran 3.1 Modul Ajar Eksperimen 1 (Model PBL berbantuan simulasi
PhET dan Lembar Kerja Peserta Didik



MODUL AJAR *DEEP LEARNING*

FLUIDA STATIS

A. Identitas Modul

Nama Sekolah	: SMA Negeri 1 Singaraja
Nama Penyusun	: Pande Made Laksmi Puja Rastiti
Mata Pelajaran	: Fisika
Kelas/Fase/Semester	: XI/F/Genap
Alokasi Waktu	: 10×45 menit (4 Pertemuan)
Tahun Pelajaran	: 2025/2026

B. Identifikasi Persiapan Peserta Didik

Peserta didik pada umumnya telah memiliki pengetahuan dasar tentang materi dan wujud zat dari jenjang SMP atau kelas X, termasuk konsep massa, volume, dan kepadatan. Mereka mungkin sudah pernah mengamati fenomena terkait fluida dalam kehidupan sehari-hari seperti kapal mengapung, benda tenggelam, atau air mengalir. Pengetahuan dasar tentang gaya dan tekanan juga sudah dimiliki. Keterampilan yang sudah dimiliki meliputi melakukan pengukuran dasar, mencatat data, dan melakukan perhitungan sederhana. Pemahaman mereka tentang prinsip-prinsip fisika di balik fenomena fluida masih perlu diperdalam. Asesmen awal akan membantu memetakan sejauh mana pemahaman ini.

C. Karakteristik Materi Pembelajaran

Materi "Fluida Statis" adalah jenis pengetahuan konseptual, prosedural, dan faktual. Peserta didik akan memahami sifat-sifat fluida (cair dan gas), konsep tekanan, hukum-hukum dasar fluida statis (Hukum Archimedes, Hukum Pascal). Relevansi materi sangat tinggi dengan kehidupan nyata karena aplikasi fluida ditemukan di mana-mana, mulai dari sistem hidrolik kendaraan, alat ukur tekanan darah, prinsip kerja pesawat terbang, hingga sistem perpipaan di rumah. Tingkat kesulitan materi dianggap sedang hingga tinggi, karena melibatkan konsep abstrak seperti tekanan, gaya apung, serta perhitungan matematis yang membutuhkan pemahaman vektor dan aljabar. Struktur materi fluida statis meliputi massa jenis, tekanan hidrostatis, Hukum Pascal, Hukum Archimedes,

dan sifat antarmuka fluida. Integrasi nilai dan karakter akan ditekankan pada ketelitian dalam pengukuran dan perhitungan, berpikir kritis dalam menganalisis fenomena fisika, kolaborasi dalam eksperimen, serta rasa syukur terhadap hukum-hukum alam yang kompleks.

D. Dimensi Profil Lulusan Pembelajaran

Dalam pembelajaran materi Fluida Statis ini, dimensi profil lulusan yang akan dicapai adalah:

- **Penalaran Kritis:** Peserta didik akan dilatih untuk menganalisis fenomena fluida, menerapkan prinsip-prinsip fisika untuk memecahkan masalah, dan mengevaluasi asumsi dalam perhitungan.
- **Kreativitas:** Peserta didik akan didorong untuk merancang eksperimen, membuat model sederhana, atau menemukan solusi inovatif untuk masalah terkait fluida.
- **Kolaborasi:** Peserta didik akan bekerja sama dalam kelompok untuk melakukan percobaan, menganalisis data, dan mempresentasikan temuan mereka.
- **Kemandirian:** Peserta didik akan didorong untuk mandiri dalam mencari informasi tambahan, menguji hipotesis, dan mengatasi tantangan dalam eksperimen fluida.

DESAIN PEMBELAJARAN

A. Capaian Pembelajaran (CP) Nomor: 46 Tahun 2025

Pada akhir fase F, peserta didik mampu menganalisis dan menerapkan konsep fluida statis, termasuk tekanan, gaya apung, prinsip Pascal, prinsip Archimedes, dalam berbagai konteks nyata.

B. Lintas Ilmu Disiplin yang Relevan

- **Matematika:** Penggunaan konsep persamaan, aljabar, perbandingan, dan geometri untuk perhitungan dalam fluida.
- **Kimia:** Konsep kerapatan zat, sifat-sifat molekuler cairan dan gas.
- **Biologi:** Aplikasi fluida dalam sistem peredaran darah, pernapasan, dan tekanan osmotik.

- Teknik (Mesin, Sipil): Prinsip dasar hidrolik, aerodinamika, dan hidrodinamika yang digunakan dalam rekayasa.

C. Tujuan Pembelajaran

Pertemuan 1: Menganalisis Konsep Tekanan dan Fluida Statis

- Peserta didik mampu menganalisis hubungan antara massa jenis, kedalaman dan tekanan hidrostatik berdasarkan demonstrasi sederhana.
- Peserta didik mampu menginterpretasikan data atau fenomena tekanan hidrostatik pada kedalaman tertentu dalam fluida homogen.

Pertemuan 2 dan 3 : Menganalisis dan Mengevaluasi Hukum Pascal dan Hukum Archimedes

- Peserta didik mampu menganalisis prinsip Hukum Pascal dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari (misalnya, dongkrak hidrolik) setelah simulasi atau demonstrasi.
- Peserta didik mampu menganalisis hubungan antara massa jenis fluida, volume benda tercelup, dan gaya apung berdasarkan Hukum Archimedes, kemudian menginterpretasikan kondisi benda (terapung, melayang, tenggelam).

Pertemuan 3: Melakukan Eksperimen Gaya Apung dan Menganalisis Faktor yang Memengaruhi

- Peserta didik mampu merancang dan melakukan eksperimen sederhana untuk membuktikan Hukum Archimedes dengan cermat.
- Peserta didik mampu menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi gaya apung pada suatu benda (massa jenis fluida, volume benda yang tercelup) berdasarkan hasil eksperimen.

Pertemuan 4: Memahami Konsep Tekanan dan Viskositas

- Peserta didik mampu mengevaluasi fenomena dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan tegangan permukaan.
- Peserta didik mampu menganalisis fenomena kapilaritas pada berbagai cairan dan bahan berpori.
- Peserta didik mampu mengevaluasi hasil eksperimen tentang viskositas suatu cairan.

D. Topik Pembelajaran Kontekstual

Topik pembelajaran akan berfokus pada aplikasi nyata dari konsep fluida, seperti:

- "Mengapa kapal laut yang besar bisa mengapung, sedangkan batu kecil tenggelam?"
- "Bagaimana rem hidrolik pada kendaraan bekerja?"
- "Mengapa air di selang menyembrot lebih jauh saat ujungnya diperkecil?"
- "Bagaimana pesawat terbang bisa terangkat ke udara?"
- "Mengapa saat menyelam di laut dalam, telinga terasa sakit?"

E. Kerangka Pembelajaran

Praktik Pedagogik:

- Model Pembelajaran *Problem Based Learning*:
- Diskusi Kelompok:
- Eksplorasi Lapangan:

Mitra Pembelajaran

- Lingkungan Sekolah:

Lingkungan Belajar

- Ruang Fisika: Laboratorium Fisika dengan peralatan eksperimen fluida (bejana berhubungan, hidrometer, dongkrak hidrolik sederhana, pipa dengan berbagai penampang), kelas dengan proyektor/layar interaktif, ruang diskusi kelompok yang fleksibel.
- Ruang Virtual: Pemanfaatan simulasi interaktif PhET, video animasi tentang prinsip fluida, dan *platform* LMS (*Google Classroom*) untuk berbagi materi, pengumpulan tugas, dan diskusi.
- Budaya Belajar: Mendorong budaya belajar berbasis masalah, pemecahan masalah, dan penemuan. Menciptakan lingkungan di mana peserta didik merasa aman untuk bereksperimen, membuat hipotesis, dan belajar dari hasil percobaan. Membangun rasa ingin tahu yang kuat tentang fenomena fisika di sekitar mereka.

Pemanfaatan Digital:

- Sumber *Online*: Mengarahkan peserta didik untuk mencari referensi, tutorial, dan berita terbaru tentang aplikasi fluida dari sumber terpercaya.

- Forum Diskusi Daring: Menggunakan fitur forum di *Google Classroom* atau *platform* lain untuk diskusi teknis, tanya jawab, atau berbagi penemuan terkait materi.
- Aplikasi Simulasi Fisika: Penggunaan *software* simulasi PhET *Colorado* untuk praktikum virtual merancang dan mengamati perilaku fluida.

F. Langkah-langkah Pembelajaran

1. PERTEMUAN I

Alokasi Waktu : (2 JP) 2×45 menit

Materi : Tekanan Hidrostatik

Model Pembelajaran : *Problem Based Learning*

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
Pendahuluan	• Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. • Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran. • Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. • Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Tekanan Hidrostatik. • Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.		3 menit
Inti	Fase 1: Mengorientasikan siswa pada masalah	1) Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. 2) Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: "Ketika kita menyelam di kolam berenang atau di sungai, semakin kita menyelam mendekati dasar kolam, telinga kita akan terasa semakin tertekan, mengapa hal itu bisa terjadi?" 3) Siswa mengamati video pembelajaran yang menyajikan fenomena nyata beserta penjelasan konsep guna membantu memahami konteks permasalahan yang akan dianalisis. <i>Link:</i> : https://youtu.be/uzpAqMCtbi8?si=QZFYlxwfg-aru8j0	80 menit
	Fase 2: Mengorganisasi siswa untuk belajar	1) Siswa dibagi ke dalam kelompok yang terdiri atas 5-6 orang. 2) Setiap kelompok menerima LKPD dan alat bantu pembelajaran. 3) Guru menjelaskan langkah kerja dan tujuan kegiatan. 4) Guru memfasilitasi kegiatan diskusi kelompok, sementara siswa secara aktif menentukan	

Kegiatan	Deskripsi	Waktu
	pembagian tugas, melaksanakan penyelidikan, menyusun laporan hasil diskusi, mempresentasikan hasil, dan melakukan tanya jawab.	
Fase 3: Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok	1) Guru mengarahkan siswa untuk melakukan literasi melalui LKPD mengenai penerapan tekanan hidrostatis dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada fenomena bocornya talang air, dan fenomena kapal selam. 2) Guru mendampingi siswa selama melakukan kegiatan literasi dan memastikan bahwa siswa melakukan kegiatan sesuai arahan guru serta mendapatkan data yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang akan dipecahkan. 3) Siswa mengerjakan LKPD dengan bantuan aplikasi simulasi PhET untuk mencari data dan jawaban dari permasalahan yang disediakan. 4) Guru memfasilitasi dan membimbing proses penyelidikan, memantau perkembangan diskusi, serta mengevaluasi dan menilai keterlibatan serta kinerja siswa selama kegiatan berlangsung.	
Fase 4: Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	1) Siswa mendiskusikan hasil kegiatan kelompok. 2) Setiap kelompok mempresentasikan hasil temuan dan jawaban atas permasalahan yang diberikan. 3) Kelompok lain memberikan tanggapan dan pertanyaan.	
Fase 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	1) Guru memfasilitasi siswa untuk melakukan kegiatan diskusi. 2) Guru bersama siswa melakukan refleksi terhadap proses dan hasil pembelajaran. 3) Guru menegaskan kembali konsep utama Tekanan Hidrostatik dan penerapannya.	
Penutup	• Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. • Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. • Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. • Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. • Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. • Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. • Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.	7 menit

2. PERTEMUAN II

Alokasi Waktu : (2 JP) 2 × 45 menit

Materi : Hukum Archimedes

Model Pembelajaran : *Problem Based Learning*

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
Pendahuluan	- Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. - Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran. - Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. - Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Hukum Archimedes. - Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.		3 menit
Inti	Fase: 1 Mengorientasikan siswa pada masalah	1) Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. 2) Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: “ketika kita melempar batu ke sungai batu itu akan tenggelam, tapi mengapa kapal laut yang lebih berat dari batu bisa mengapung?” 3) Siswa mengamati video pembelajaran yang menyajikan fenomena nyata beserta penjelasan konsep guna membantu memahami konteks permasalahan yang akan dianalisis. Link: https://youtu.be/0QCq6GPY8kQ?si=fxpA-p8bNcpgipoQ	80 menit
	Fase 2: Mengorganisasi siswa untuk belajar	1) Siswa dibagi ke dalam kelompok yang terdiri atas 5-6 orang. 2) Setiap kelompok menerima LKPD dan alat bantu pembelajaran. 3) Guru menjelaskan langkah kerja dan tujuan kegiatan. 4) Guru memfasilitasi kegiatan diskusi kelompok, sementara siswa secara aktif menentukan pembagian tugas, melaksanakan penyelidikan, menyusun laporan hasil diskusi, mempresentasikan hasil, dan melakukan tanya jawab.	
	Fase 3: Membimbing penyelidikan	1) Guru mengarahkan siswa untuk melakukan literasi melalui LKPD mengenai penerapan tekanan hidrostatis dalam kehidupan	

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
	individu maupun kelompok	sehari-hari, seperti pada fenomena bocornya talang air, dan fenomena kapal selam. 2) Guru mendampingi siswa selama melakukan kegiatan literasi dan memastikan bahwa siswa melakukan kegiatan sesuai arahan guru serta mendapatkan data yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang akan dipecahkan. 3) Siswa mengerjakan LKPD dengan bantuan aplikasi simulasi PhET untuk mencari data dan jawaban dari permasalahan yang disediakan. 4) Guru memfasilitasi dan membimbing proses penyelidikan, memantau perkembangan diskusi, serta mengevaluasi dan menilai keterlibatan serta kinerja siswa selama kegiatan berlangsung.	
	Fase 4: Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	1) Siswa mendiskusikan hasil kegiatan kelompok. 2) Setiap kelompok mempresentasikan hasil temuan dan jawaban atas permasalahan yang diberikan. 3) Kelompok lain memberikan tanggapan dan pertanyaan.	
	Fase 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	1) Guru memfasilitasi siswa untuk melakukan kegiatan diskusi. 2) Guru bersama siswa melakukan refleksi terhadap proses dan hasil pembelajaran. 3) Guru menegaskan kembali konsep utama Tekanan Hidrostatik dan penerapannya.	
Penutup	• Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. • Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. • Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. • Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. • Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. • Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. • Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.		7 menit

3. PERTEMUAN III

Alokasi Waktu : (2 JP) 2 × 45 menit

Materi : Hukum Pascal

Model Pembelajaran : Problem Based Learning

Kegiatan	Deskripsi	Waktu
Pendahuluan	• Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. • Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran. • Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. • Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Hukum Pascal. • Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.	3 menit
Inti	Fase: 1 Mengorientasikan siswa pada masalah 1) Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. 2) Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: “saat kita pergi ke bengkel untuk mencuci mobil, kita melihat bahwa mobil itu dapat terangkat hanya dengan menekan sebuah tuas kecil pada dongkrak hidrolik, mengapa hal itu bisa terjadi?” 3) Siswa mengamati video pembelajaran yang menyajikan fenomena nyata beserta penjelasan konsep guna membantu memahami konteks permasalahan yang akan dianalisis. <i>Link:</i> https://youtu.be/GHCOuxUPOGA?si=8BszocE6w_sNt6Vz	80 menit
	Fase 2: Mengorganisasi siswa untuk belajar 1) Siswa dibagi ke dalam kelompok yang terdiri atas 5-6 orang. 2) Setiap kelompok menerima LKPD dan alat bantu pembelajaran. 3) Guru menjelaskan langkah kerja dan tujuan kegiatan. 4) Guru memfasilitasi kegiatan diskusi kelompok, sementara siswa secara aktif menentukan pembagian tugas, melaksanakan penyelidikan, menyusun laporan hasil diskusi, mempresentasikan hasil, dan melakukan tanya jawab.	
	Fase 3: Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok 1) Guru mengarahkan siswa untuk melakukan literasi melalui LKPD mengenai penerapan tekanan hidrostatis dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada fenomena bocornya talang air, dan fenomena kapal selam. 2) Guru mendampingi siswa selama melakukan kegiatan literasi dan memastikan bahwa siswa melakukan kegiatan sesuai arahan guru serta	

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
		mendapatkan data yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang akan dipecahkan. 3) Siswa mengerjakan LKPD dengan bantuan aplikasi simulasi PhET untuk mencari data dan jawaban dari permasalahan yang disediakan. 4) Guru memfasilitasi dan membimbing proses penyelidikan, memantau perkembangan diskusi, serta mengevaluasi dan menilai keterlibatan serta kinerja siswa selama kegiatan berlangsung.	
	Fase 4: Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	1) Siswa mendiskusikan hasil kegiatan kelompok. 2) Setiap kelompok mempresentasikan hasil temuan dan jawaban atas permasalahan yang diberikan. 3) Kelompok lain memberikan tanggapan dan pertanyaan.	
	Fase 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	1) Guru memfasilitasi siswa untuk melakukan kegiatan diskusi. 2) Guru bersama siswa melakukan refleksi terhadap proses dan hasil pembelajaran. 3) Guru menegaskan kembali konsep utama Tekanan Hidrostatik dan penerapannya.	
Penutup	- Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. - Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. - Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. - Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. - Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. - Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. - Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.		7 menit

4. PERTEMUAN IV

Alokasi Waktu : (2 JP) 2 × 45 menit

Materi : Sifat Antarmuka Fluida

Model Pembelajaran : *Problem Based Learning*

Kegiatan	Deskripsi	Waktu
Pendahuluan	- Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. - Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran.	3 menit

	- Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. - Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Sifat Antarmuka Fluida. - Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.	
Inti	Fase: 1 Mengorientasikan siswa pada masalah - Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. - Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: “saat kita pergi ke sawah, kita dapat melihat serangga yang bisa berdiri di atas permukaan air, bahkan serangga tersebut bisa berjalan di atas permukaan air, mengapa bisa seperti itu?” - Siswa mengamati video pembelajaran yang menyajikan fenomena nyata beserta penjelasan konsep guna membantu memahami konteks permasalahan yang akan dianalisis. <i>Link:</i> https://youtu.be/Ks6kK8yj5Mk?si=3seMeHOU3Gd36h31	80 menit
	Fase 2: Mengorganisasi siswa untuk belajar - Siswa dibagi ke dalam kelompok yang terdiri atas 5-6 orang. - Setiap kelompok menerima LKPD dan alat bantu pembelajaran. - Guru menjelaskan langkah kerja dan tujuan kegiatan. - Guru memfasilitasi kegiatan diskusi kelompok, sementara siswa secara aktif menentukan pembagian tugas, melaksanakan penyelidikan, menyusun laporan hasil diskusi, mempresentasikan hasil, dan melakukan tanya jawab.	
	Fase 3: Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok - Guru mengarahkan siswa untuk melakukan literasi melalui LKPD mengenai penerapan tekanan hidrostatis dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada fenomena bocornya talang air, dan fenomena kapal selam. - Guru mendampingi siswa selama melakukan kegiatan literasi dan memastikan bahwa siswa melakukan kegiatan sesuai arahan guru serta mendapatkan data yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang akan dipecahkan. - Siswa mengerjakan LKPD dengan bantuan aplikasi simulasi PhET untuk mencari data dan jawaban dari permasalahan yang disediakan. - Guru memfasilitasi dan membimbing proses penyelidikan, memantau perkembangan diskusi,	

		serta mengevaluasi dan menilai keterlibatan serta kinerja siswa selama kegiatan berlangsung.	
	Fase 4: Mengemban- gkan dan me- nyajikan hasil karya	1) Siswa mendiskusikan hasil kegiatan kelompok. 2) Setiap kelompok mempresentasikan hasil temuan dan jawaban atas permasalahan yang diberikan. 3) Kelompok lain memberikan tanggapan dan pertanyaan.	
	Fase 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	1) Guru memfasilitasi siswa untuk melakukan kegiatan diskusi. 2) Guru bersama siswa melakukan refleksi terhadap proses dan hasil pembelajaran. 3) Guru menegaskan kembali konsep utama Tekanan Hidrostatik dan penerapannya.	
Penutup	- Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. - Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. - Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. - Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. - Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. - Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. - Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.		7 menit

G. Asesmen Pembelajaran

Asesmen Awal Pembelajaran

- **Observasi:** Guru mengamati partisipasi dan interaksi siswa selama sesi apresiasi dan diskusi awal untuk mendapatkan gambaran awal tentang pemahaman dan kepercayaan diri mereka dalam topik fluida.
- **Tes Diagnostik:** Tes tertulis berupa soal uraian untuk menguji pemahaman awal terkait fluida statis

Asesmen Proses Pembelajaran

- **Tugas Harian:** Observasi dan penilaian terhadap partisipasi dalam diskusi kelompok.
- **Diskusi Kelompok:** Penilaian rubrik terhadap kemampuan kolaborasi, penyampaian ide, menganalisis masalah, dan memberikan solusi dalam diskusi tentang prinsip fluida statis.

- **Laporan Eksperimen (LKPD):** Penilaian rubrik terhadap kemampuan merancang, melaksanakan, menganalisis, dan menyimpulkan hasil eksperimen.

Asesmen Akhir Pembelajaran

- **Tes Sumatif:** Tes tertulis berupa soal uraian terkait materi fluida statis.

MATERI AJAR

Fluida merupakan zat yang memiliki kemampuan untuk mengalir serta tidak mampu mempertahankan bentuknya ketika dikenai tekanan, karena hanya memberikan hambatan yang sangat kecil terhadap perubahan bentuk. Oleh sebab itu, fluida sering disebut sebagai zat alir. Contoh dari fluida adalah zat cair dan zat gas. Cabang fisika yang secara khusus membahas perilaku fluida dikenal sebagai mekanika fluida. Cabang ilmu ini terbagi menjadi dua, yaitu fluida Statis atau hidrostatika yang merupakan cabang ilmu fisika yang mempelajari tentang fluida yang diam atau tidak bergerak, dan fluida Dinamis atau hidrodinamika, yakni cabang ilmu fisika yang mempelajari fluida yang bergerak. Modul ini akan berfokus ke materi fluida statis.

1. Tekanan Hidrostatik

Pada prinsipnya, setiap fluida akan menimbulkan tekanan pada permukaan yang bersentuhan dengannya. Tekanan dapat diartikan sebagai besarnya gaya yang bekerja tegak lurus terhadap suatu permukaan dibagi dengan luas permukaan tersebut. Permukaan yang menerima gaya dinamakan bidang tekan, sedangkan gaya yang bekerja pada bidang tersebut disebut gaya tekan. Secara matematis, hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A}$$

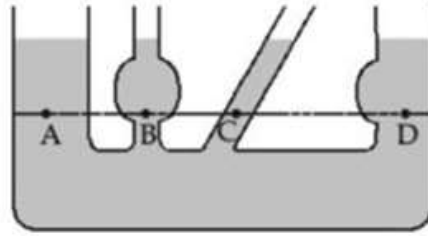
Keterangan:

P : tekanan (Nm^{-2}, Pa)

F : gaya (N)

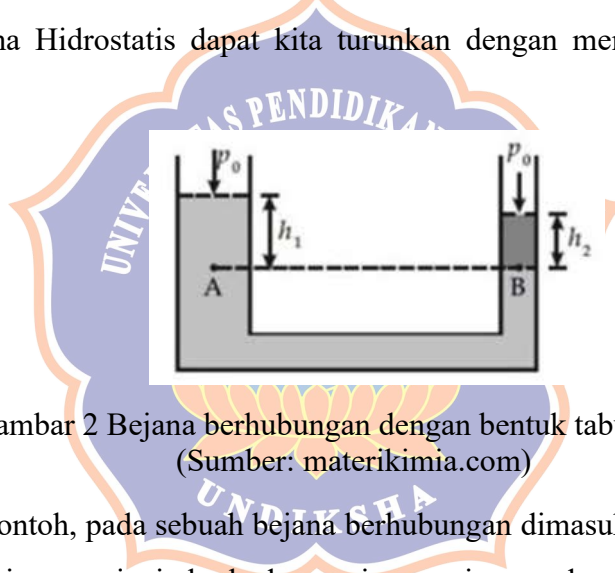
A : luas bidang (m^2)

Hukum dasar hidrostatik menyatakan bahwa setiap titik yang berada pada satu bidang datar di dalam zat cair sejenis memiliki besar tekanan yang sama. Perhatikan ilustrasi berikut untuk memahami konsep tersebut.



Gambar 1 Bejana berhubungan dengan bentuk tabung berbeda
(Sumber: materikimia.com)

Pada ilustrasi tersebut terlihat sebuah bejana berhubungan yang diisi oleh fluida. Tinggi permukaan fluida pada masing-masing tabung tampak sama, meskipun bentuk setiap tabung berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan bentuk wadah tidak memengaruhi besar tekanan pada titik-titik yang berada pada kedalaman yang sama. Dengan demikian, tekanan di titik A, B, C, dan D bernilai sama. Persamaan Hukum Utama Hidrostatis dapat kita turunkan dengan memperhatikan gambar berikut:



Gambar 2 Bejana berhubungan dengan bentuk tabung sama
(Sumber: materikimia.com)

Sebagai contoh, pada sebuah bejana berhubungan dimasukkan dua jenis fluida yang memiliki massa jenis berbeda, masing-masing ρ_1 dan ρ_2 . Jika pengukuran dilakukan dari batas terendah kedua fluida, yaitu pada titik A dan titik B, diketahui bahwa fluida pertama memiliki tinggi h_1 dan fluida kedua memiliki tinggi h_2 . Berdasarkan persamaan tekanan hidrostatik, besar tekanan pada titik A dan titik B dipengaruhi oleh massa jenis masing-masing fluida serta tinggi kolom fluida di dalam tabung. Secara matematis dapat dirumuskan:

$$\begin{aligned} p_A &= p_B \\ p_0 + \rho_1 g h_1 &= p_0 + \rho_2 g h_2 \\ \rho_1 h_1 &= \rho_2 h_2 \end{aligned}$$

Keterangan:

h_1 : jarak titik A terhadap permukaan fluida 1 (m)

h_2 : jarak titik B terhadap permukaan fluida 2 (m)

ρ_1 : massa jenis fluida 1 (kg/m^3)
 ρ_2 : massa jenis fluida 2 (kg/m^3)

Tekanan dalam zat cair dipengaruhi oleh kedalamannya. Semakin dalam suatu titik berada di dalam zat cair, semakin besar tekanan yang dialami pada titik tersebut. Hal ini terjadi karena gaya gravitasi menarik seluruh bagian zat cair ke arah bawah. Jika tinggi kolom zat cair dalam suatu wadah semakin besar, maka berat zat cair tersebut juga bertambah, sehingga tekanan yang diberikan pada dasar wadah menjadi semakin besar. Tekanan yang timbul semata-mata akibat berat zat cair ini disebut sebagai tekanan hidrostatik. tekanan hidrostatik (P) zat cair dengan massa jenis (ρ) pada kedalaman h dirumuskan dengan:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan:

P_h : tekanan hidrostatik (Nm^{-2}, Pa)

ρ : massa jenis zat cair (kg/m^3)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

h : kedalaman dari permukaan zat cair (m)

Selain dipengaruhi oleh kedalaman, tekanan pada suatu titik di dalam zat cair juga dipengaruhi oleh tekanan atmosfer yang bekerja pada permukaan zat cair tersebut. Oleh karena itu, tekanan total pada kedalaman tertentu merupakan hasil penjumlahan antara tekanan hidrostatik dan tekanan atmosfer. Secara matematis, tekanan total tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan:

P : tekanan total (Nm^{-2}, Pa)

P_0 : tekanan atmosfer (atm, Pa)

Tekanan yang ditunjukkan oleh alat ukur pada suatu ruang tertutup disebut sebagai tekanan terukur atau tekanan gauge. Salah satu alat yang digunakan untuk mengukur tekanan pada sistem tertutup, seperti pada alat semprot, adalah manometer tertutup. Selain itu, udara di sekitar bumi yang dikenal sebagai atmosfer juga memberikan tekanan ke segala arah. Secara matematis, hubungan antara tekanan absolut (mutlak), tekanan gauge, dan tekanan atmosfer dapat dinyatakan sebagai:

$$P = P_G + P_o$$

P : tekanan mutlak (Nm^{-2}, Pa)

P_G : tekanan terukur (Nm^{-2}, Pa)

2. Hukum Archimedes

Salah satu konsekuensi dari prinsip-prinsip statika fluida adalah Hukum Archimedes. Hukum ini menyatakan bahwa setiap benda yang tercelup sebagian maupun seluruhnya di dalam fluida akan mengalami gaya apung yang arahnya ke atas, dengan besar gaya sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut. Prinsip ini dikemukakan oleh Archimedes (287–212 SM), seorang ilmuwan dari Yunani. Melalui penemuannya, ia berhasil merumuskan cara untuk menentukan volume benda yang bentuknya tidak beraturan, yakni dengan memanfaatkan konsep perpindahan fluida. Jika berat benda di udara dinyatakan sebagai w dan berat benda saat berada di dalam zat cair sebagai w' , maka besar gaya apung (F_a) dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$F_a = w - w'$$

Gaya ke atas juga dirumuskan sebagai:

$$F_a = m_f \cdot g \leftrightarrow F_a = \rho_f \cdot g \cdot V_f$$

Keterangan:

F_a : gaya ke atas (N)

m_f : massa fluida (kg)

ρ_f : massa jenis fluida (kg/m^3)

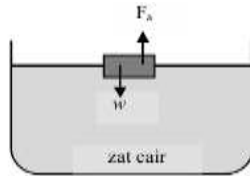
g : percepatan gravitasi (m/s^2)

V_f : volume benda yang tercelup dalam zat cair (m^3)

w : berat benda di udara

w' : berat benda di dalam zat cair

Pada benda yang berada di dalam zat cair, bekerja dua gaya utama, yaitu gaya apung (F_a) yang arahnya ke atas dan gaya berat (w) yang arahnya ke bawah. Perbandingan besar kedua gaya tersebut menentukan keadaan benda di dalam zat cair. Berdasarkan kondisi itu, posisi benda dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu mengapung, melayang, dan tenggelam.

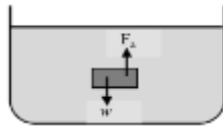


Gambar 1 Benda mengapung
(Sumber:
<https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Benda mengapung jika gaya apung lebih besar daripada berat benda atau massa jenis fluida lebih besar dari massa jenis benda.

Syarat benda mengapung:

$$\rho_F > \rho_b$$

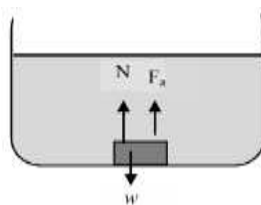


Gambar 2 Benda melayang
(Sumber:
<https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Benda akan melayang jika gaya apung sama dengan berat benda atau massa jenis fluida sama dengan massa jenis benda.

Syarat benda melayang:

$$\rho_F = \rho_B$$



Gambar 3 Benda tenggelam
(Sumber:
<https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Benda akan tenggelam jika gaya apung lebih kecil daripada berat benda atau massa jenis fluida lebih kecil dari massa jenis benda.

Syarat benda tenggelam:

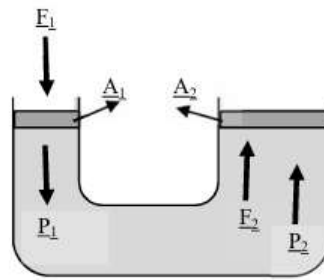
$$\rho_F < \rho_B$$

Salah satu penerapan prinsip Hukum Archimedes dalam bidang teknik dapat dijumpai pada kapal laut. Kapal dapat terapung di permukaan air karena adanya gaya apung yang diberikan oleh air dan arahnya ke atas. Besar gaya apung tersebut sama dengan berat air yang dipindahkan oleh badan kapal. Oleh karena itu, meskipun kapal terbuat dari bahan seperti baja yang memiliki massa jenis besar, kapal tetap dapat mengapung karena volume air yang dipindahkan cukup besar sehingga menghasilkan gaya apung yang mampu menyeimbangkan berat kapal tersebut.

3. Hukum Pascal

Hukum Pascal menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan dengan besar yang sama ke segala arah. Prinsip ini dikemukakan oleh Blaise Pascal, seorang ilmuwan asal Prancis. Sebagai bentuk penghargaan atas kontribusinya, nama “Pascal” kemudian digunakan sebagai satuan internasional untuk tekanan.

Prinsip kerja hukum Pascal:



Gambar 3 Prinsip kerja hukum Pascal
(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Pengisap pertama memiliki luas penampang A_1 . Ketika pengisap tersebut diberi gaya F_1 , zat cair di dalam sistem akan memberikan tekanan yang bekerja ke atas sebesar $P \times A_1$. Akibatnya, pada pengisap pertama terjadi kondisi setimbang, sehingga berlaku hubungan sebagai berikut.

$$P \cdot A_1 = F_1 \leftrightarrow P = \frac{F_1}{A_1}$$

Sesuai dengan Hukum Pascal, tekanan yang diberikan pada zat cair akan diteruskan sama besar ke segala arah. Oleh karena itu, pada pengisap kedua bekerja gaya ke atas sebesar $P \times A_2$. Gaya ini menyeimbangkan gaya F_2 yang bekerja ke bawah pada pengisap kedua, sehingga berlaku hubungan sebagai berikut.

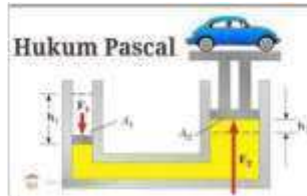
$$P \cdot A_2 = F_2 \leftrightarrow P = \frac{F_2}{A_2}$$

Dengan demikian:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \leftrightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \leftrightarrow F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1$$

Prinsip Hukum Pascal banyak dimanfaatkan dalam berbagai peralatan teknik, salah satunya pada dongkrak hidrolik dan mesin pengangkat mobil. Penerapan yang paling dikenal adalah dongkrak hidrolik, yaitu alat yang digunakan untuk mengangkat beban berat, misalnya saat mengganti ban mobil. Pada sistem hidrolik, gaya kecil yang diberikan pada piston dengan luas penampang kecil akan menghasilkan gaya yang jauh lebih besar pada piston dengan luas penampang lebih besar. Hal ini terjadi karena tekanan yang diberikan pada zat cair diteruskan sama besar ke seluruh bagian sistem. Dengan memperbesar luas piston keluaran dibandingkan piston masukan, diperoleh keuntungan mekanis sesuai perbandingan

luas kedua piston tersebut. Sebagai ilustrasi, jika luas piston luar 20 kali lebih besar daripada piston dalam, maka gaya keluaran yang dihasilkan juga menjadi 20 kali lipat. Artinya, gaya sebesar 100 kg pada piston kecil dapat menghasilkan gaya angkat hingga 2000 kg atau sekitar 2 ton pada piston besar. Perhatikan gambar berikut untuk memahami prinsip kerjanya.



Gambar 1 Prinsip kerja Dongkrak Hidrolik

(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)



Gambar 2 Dongkrak Hidrolik

(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Pada dongkrak hidrolik atau lift hidrolik, berlaku prinsip bahwa perbandingan gaya yang diberikan dengan gaya beban sebanding dengan perbandingan luas penampang kedua silinder. Artinya, besar gaya untuk mengangkat beban bergantung pada perbandingan luas silinder tekan dan luas silinder beban. Secara matematis, hubungan yang berlaku pada dongkrak hidrolik dan mesin hidrolik dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

4. Sifat Antarmuka Fluida

1) Tegangan Permukaan Zat Cair

Tegangan permukaan pada zat cair merupakan kecenderungan permukaannya untuk berperilaku seperti lapisan elastis yang tegang. Lapisan ini berusaha mengecil atau menyusut seminimal mungkin. Akibatnya, sejumlah zat cair cenderung membentuk konfigurasi dengan luas permukaan sekecil mungkin. Fenomena inilah yang dikenal sebagai tegangan permukaan.



Gambar 4 Tegangan permukaan
(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Tegangan permukaan (γ) dalam larutan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya tegangan permukaan (F) dan panjang permukaan (d) dimana gaya tersebut bekerja. Dapat ditulis:

$$\gamma = \frac{F}{l}$$

Keterangan:

γ : tegangan permukaan (N/m atau Nm^{-1})

F : gaya tegangan permukaan (N)

l : panjang permukaan (m)

Akibat adanya tegangan permukaan, setetes cairan cenderung membentuk bola. Bentuk bola dipilih karena memberikan luas permukaan paling kecil dibandingkan bentuk lainnya untuk volume yang sama. Oleh sebab itu, tetes-tetes embun yang menempel pada sarang laba-laba tampak berbentuk bulat menyerupai bola. Gaya tarik pada permukaan zat cair membentuk lapisan tipis yang seolah-olah menyerupai selaput atau kulit. Lapisan ini mampu menahan beban ringan. Oleh karena itu, nyamuk dapat berjalan di atas permukaan air karena berat tubuhnya masih dapat ditopang oleh tegangan permukaan tersebut. Peristiwa serupa juga dapat diamati ketika jarum jahit diletakkan secara perlahan dan mendatar di atas air, sehingga jarum tersebut tidak langsung tenggelam.

Contoh penerapan lainnya dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat pada penggunaan detergen saat mencuci pakaian. Detergen dirancang untuk meningkatkan kemampuan air dalam membasahi dan melepaskan kotoran yang menempel pada serat kain. Mekanismenya adalah dengan menurunkan tegangan

permukaan air, sehingga air lebih mudah meresap ke dalam serat pakaian. Akibatnya, kotoran yang sebelumnya sulit larut dalam air biasa menjadi lebih mudah terangkat ketika menggunakan air yang telah dicampur detergen, sehingga hasil cucian menjadi lebih bersih.

2) Kapilaritas

Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair di dalam pipa kapiler, yaitu pipa yang berdiameter sangat kecil. Fenomena ini terjadi karena adanya interaksi gaya kohesi antarpartikel zat cair dan gaya adhesi antara zat cair dengan dinding pipa. Naik atau turunnya zat cair dalam pipa kapiler dipengaruhi oleh tegangan permukaan yang bekerja sepanjang garis pertemuan antara zat cair dan dinding pipa. Besarnya kenaikan atau penurunan permukaan zat cair tersebut dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

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

keterangan:

h : kenaikan/penurunan permukaan fluida dalam pipa (m)

θ : sudut kontak (*derajat*)

r : jari-jari pipa kapiler (m)

ρ : massa jenis fluida (Kg/m^3)

g : percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

3) Viskositas

Viskositas adalah besaran yang menunjukkan tingkat kekentalan suatu fluida, yang berkaitan dengan besar kecilnya gaya gesek internal antar lapisan fluida saat mengalir. Pada fluida ideal (tidak kental), viskositas dianggap nol sehingga tidak ada hambatan antara lapisan-lapisan fluida ketika saling bergeser. Sebaliknya, pada fluida nyata yang bersifat kental, terdapat gaya gesek internal yang menghambat gerak relatif antar lapisan tersebut. Hubungan gaya gesek dalam fluida dapat dinyatakan dengan persamaan. ada fluida yang bersifat kental, diperlukan gaya luar untuk menggeser satu lapisan fluida terhadap lapisan lainnya. Besar gaya F yang dibutuhkan untuk menggerakkan suatu lapisan fluida dengan kecepatan tetap v , pada luas bidang yang bersentuhan dengan fluida sebesar A , serta berjarak L dari bidang lain yang diam, dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$F = \frac{\eta A \cdot v}{L}$$

Keterangan:

F : gaya yang bekerja (N)

A : luas keping yang bersentuhan dengan fluida (m^2)

v : kelajuan (m/s)

L : jarak antara dua keping (m)

η : koefisien viskositas ($kg \cdot m^{-1}$ atau Pa/s)

Nilai koefisien viskositas (η) dipengaruhi oleh suhu. Pada zat cair, kenaikan temperatur menyebabkan viskositas menurun, sedangkan pada gas justru meningkat. Sebaliknya, ketika temperatur menurun, viskositas zat cair bertambah, sementara viskositas gas mengalami penurunan.

➤ Hukum Stokes

Bagaimana pengaruh fluida kental terhadap benda yang bergerak di dalamnya? Ketika suatu benda bergerak dengan kelajuan tertentu dalam fluida yang kental, gerakannya akan mengalami hambatan akibat gaya gesek fluida yang arahnya berlawanan dengan arah gerak benda tersebut. Pada tahun 1845, George Stokes menjelaskan bahwa besar gaya hambat F yang dialami benda berbentuk bola yang bergerak relatif terhadap fluida dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$F_s = 6 \pi \eta r v$$

Keterangan:

F_s : gaya hambatan (N)

r : jari-jari bola (m)

v : kelajuan relatif benda terhadap fluida (m/s)

Persamaan ini dikenal sebagai “Hukum Stokes”

➤ Kecepatan Terminal

Jika suatu benda dijatuhkan bebas ke dalam fluida kental, kecepatannya mula-mula akan bertambah seiring waktu. Namun, setelah mencapai kondisi tertentu, kecepatannya menjadi konstan dan tidak bertambah lagi. Kecepatan maksimum yang tetap tersebut disebut sebagai kecepatan terminal.

$$v_T = \frac{v_b g (\rho_b - \rho_f)}{6 \pi \eta r}$$

Untuk benda berbentuk bola dengan jari-jari r , maka volume benda $v_b = \frac{4}{3}\pi r^3$, sehingga diperoleh persamaan:

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

Keterangan:

v_T : kecepatan terminal (m/s)

r : jari-jari bola (m)



LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK TEKANAN HIDROSTATIS

Kelompok :

Nama Anggota : 1.
2.
3.
4.
5.

Kelas :

I. Tujuan

1. Mampu merumuskan masalah yang berkaitan dengan tekanan hidrostatik dari suatu fenomena kompleks menjadi permasalahan yang lebih sederhana dan operasional, kemudian menganalisisnya untuk menentukan solusi berdasarkan konsep yang tepat.

II. Fenomena



Siapa sangka, kapal selam dan kapal laut bisa mengapung atau tenggelam karena dua konsep fisika yang saling berkaitan, yaitu tekanan hidrostatik dan prinsip Archimedes. Saat kapal selam menyelam semakin dalam, tekanan air di sekitarnya makin besar. Tekanan ini disebut tekanan hidrostatik dan bisa dihitung dengan rumus $p = \rho gh$. Artinya, semakin dalam kapal selam berada, semakin besar tekanan yang diterimanya. Karena itu, kapal selam dibuat sangat kuat dan dilengkapi tangki ballast untuk mengatur kedalaman. Selain itu, ada juga prinsip Archimedes yang menjelaskan gaya apung. Rumus gaya apungnya adalah $F_a = \rho gV$. Rumus ini menunjukkan bahwa benda di dalam air akan mendapat gaya ke atas sebesar berat air yang dipindahkannya. Saat tangki ballast diisi udara, berat kapal selam berkurang sehingga gaya apungnya lebih besar dan kapal selam bisa naik ke permukaan. Prinsip yang sama juga berlaku pada kapal laut dan pelampung, sehingga benda-benda tersebut bisa mengapung di air.

III. Rumusan Masalah

Berdasarkan fenomena tersebut, rumuskanlah permasalahan dalam bentuk pertanyaan yang dapat dijadikan dasar untuk menemukan konsep tekanan hidrostatik!

(Alternatif: Ketika kita menyelam di kolam, mengapa semakin dalam kita menyelam terasa semakin berat dan ditekan?)

IV. Hipotesis

V.

3. Alat Tulis

VI. Prosedur Percobaan

1. Siapkan perangkat (HP/Laptop/PC) yang digunakan untuk mengakses aplikasi PhET *simulation* pada link:
[Di Bawah Tekanan 1.1.34](#)
2. Pilih dan jalankan simulasi.
3. Klik grid.
4. Atur *Fluid Density* menjadi *water* dan *gravity* menjadi 10 m/s^2
5. Tempatkan atau tarik *pressure* meter di dalam wadah fluida cair.



6. Catat nilai kedalaman dan tekanan total (P) yang terukur dalam tabel hasil pengamatan dengan memvariasikan kedalaman.
7. Tentukan besar tekanan hidrostatik berdasarkan data yang didapat dengan menggunakan konsep yang tepat.
8. Lakukan langkah 7, 8, dan 9 untuk wadah fluida cair kedua (ganti *fluid density* dari *water* pindah ke *honey*).

VII. Hasil Pengamatan

Jenis Fluida (*Fluid Density*) (*water*) = _____ kg/m^3

Tekanan Udara Luar = $P_0 = 101.3 \text{ kPa}$

Tekanan Hidrostatik = Tekanan total - P_0

No.	Kedalaman	Tekanan Total	Tekanan Hidrostatik
1	1 meter		
2	2 meter		
3	3 meter		

Jenis Fluida (*Fluid Density*) (*honey*) = _____ kg/m^3

Tekanan Udara Luar = $P_0 = 101.3 \text{ kPa}$

Tekanan Hidrostatik = Tekanan total - P_0

No.	Kedalaman	Tekanan Total	Tekanan Hidrostatik
1	1 meter		
2	2 meter		
3	3 meter		

VIII. Analisis Hasil Pengamatan

1. Bagaimana hubungan antara kedalaman dan tekanan?

2. Bagaimana hubungan antara massa jenis dan tekanan?

3. Tulis hubungan antara massa jenis, percepatan gravitasi dan kedalaman pada tekanan hidrostatik!

IX. Kesimpulan

X. Aplikasi Konsep dalam Pemecahan Masalah

1. Aldi dan Rian mempunyai hobi yang sama, yaitu berenang. Suatu hari, Aldi berlatih renang di laut sedangkan Rian berlatih di sungai dekat rumahnya. Keduanya menyelam hingga mencapai kedalaman yang sama dari permukaan air. Menurut pendapatmu, siapa yang akan merasakan tekanan air yang lebih besar? Jelaskan alasanmu berdasarkan konsep tekanan hidrostatik!



LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK HUKUM ARCHIMEDES

Kelompok :

Nama Anggota : 1.
2.
3.
4.
5.

Kelas :

I. Tujuan

1. Menganalisis prinsip-prinsip Archimedes dalam berbagai situasi untuk menyelesaikan masalah.

II. Fenomena



Siapa sangka, kapal selam dan kapal laut bisa mengapung atau tenggelam karena dua konsep fisika yang saling berkaitan, yaitu tekanan hidrostatik dan prinsip Archimedes. Saat kapal selam menyelam semakin dalam, tekanan air di sekitarnya makin besar. Tekanan ini disebut tekanan hidrostatik dan bisa dihitung dengan rumus $p = \rho gh$. Artinya, semakin dalam kapal selam berada, semakin besar tekanan yang diterimanya. Karena itu, kapal selam dibuat sangat kuat dan dilengkapi tangki ballast untuk mengatur kedalaman. Selain itu, ada juga prinsip Archimedes yang menjelaskan gaya apung. Rumus gaya apungnya adalah $F_a = \rho g V$. Rumus ini menunjukkan bahwa benda di dalam air akan mendapat gaya ke atas sebesar berat air yang dipindahkannya. Saat tangki ballast diisi udara, berat kapal selam berkurang sehingga gaya apungnya lebih besar dan kapal selam bisa naik ke permukaan. Prinsip yang sama juga berlaku pada kapal laut dan pelampung, sehingga benda-benda tersebut bisa mengapung di air.

III. Rumusan Masalah

Berdasarkan fenomena yang disajikan, rumuskanlah permasalahan dalam bentuk pertanyaan yang berkaitan dengan prinsip Hukum Archimedes!

(alternatif: Mengapa kapal laut yang terbuat dari besi atau logam dapat mengapung di permukaan air, sedangkan logam padat yang dicelupkan ke dalam air justru tenggelam?)

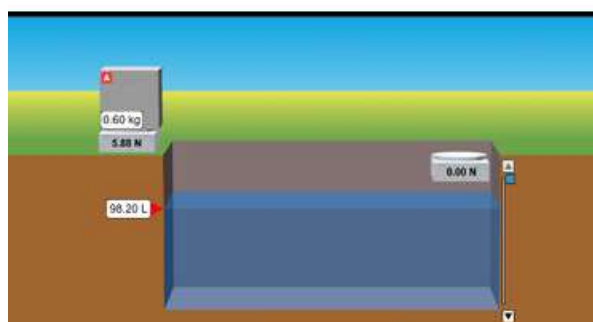
IV. Hipotesis

V. Alat dan Bahan

1. Smartphone dengan aplikasi PhET
2. Lembar Kerja Murid
3. Alat Tulis

VI. Prosedur Percobaan

1. Siapkan perangkat (HP/Laptop/PC) yang digunakan untuk mengakses aplikasi PhET *simulation* pada link:
<https://phet.colorado.edu/en/simulations/buoyancy>
2. Pilih dan jalankan Simulasi.
3. Centang *buoyancy* dan *force value* di bagian kiri bawah dan klik tanda (+) di bagian *object density*.
4. Pilih pengaturan zat (air).
5. Klik material Styrofoam.
6. Atur volume material pada 4 L.



7. Tarik Kubus ke atas neraca untuk mengukur gaya berat kubus dan catat hasilnya.
8. Pindahkan kubus ke cairan dan hitung gaya archimedes yang berlaku ke kubus.
9. Catat nilai massa material, gaya Archimedes, gaya berat yang terukur dan keadaan material (terapung, melayang, dan tenggelam) dalam tabel hasil pengamatan.
10. Lakukan langkah 5, 6, 7, dan 8 dengan mengganti material menjadi (benda melayang dan batu bata).
11. Lakukan langkah 5, 6, 7, dan 8 dengan fluid density Honey.

VII. Hasil Pengamatan

Jenis Fluida (*water*) = _____ kg/m^3

No.	Volume	Massa Jenis Material	Gaya Archimedes (<i>Buoyancy</i>)	Gaya Berat	Keadaan Material
1	4 L				
2	4 L				
3	4 L				

Jenis Fluida (*honey*) = _____ kg/m^3

No.	Volume	Massa Jenis Material	Gaya Archimedes (<i>Buoyancy</i>)	Gaya Berat	Keadaan Material
1	4 L				
2	4 L				
3	4 L				

VIII. Analisis Hasil Pengamatan

Petunjuk: Jawablah pertanyaan berikut berdasarkan hasil pengamatan pada percobaan atau simulasi. Perhatikan hubungan antara massa jenis material (ρ_{benda}) dengan massa jenis fluida (ρ_{fluida}) serta hubungan antara gaya Archimedes (F_A) dan gaya berat benda (W). Isilah titik-titik dengan tanda lebih kecil (<), sama dengan (=), atau lebih besar (>) sesuai kondisi yang terjadi.

1. Bagaimana hubungan massa jenis material dengan massa jenis fluida pada keadaan:
 - a) Terapung: massa jenis material _____ massa jenis fluida
 - b) Melayang: massa jenis material _____ massa jenis fluida
 - c) Tenggelam: massa jenis material _____ massa jenis fluida
2. Bagaimana hubungan antara gaya Archimedes dengan gaya berat material pada keadaan:
 - a) Terapung: gaya Archimedes _____ gaya berat material
 - b) Melayang: gaya Archimedes _____ gaya berat material

- c) Tenggelam: gaya Archimedes _____ gaya berat material
3. Tulis hubungan antara massa jenis fluida (ρ), percepatan gravitasi (g), dan volume material tercelup (V_f) pada hukum Archimedes!

IX. Kesimpulan

X. Aplikasi Konsep dalam Pemecahan Masalah

- Di suatu pagi saat pelajaran Fisika, siswa diminta melakukan percobaan sederhana menggunakan telur dan beberapa gelas berisi air. Guru kemudian menambahkan garam dengan jumlah berbeda pada tiap gelas, seperti gambar di samping. Dari percobaan tersebut diketahui bahwa:  Gelas 1 adalah murni air tawar; Gelas 2 diberi 1 sendok garam; Gelas 3 diberi 2 sendok garam; Gelas 4 diberi 3 sendok garam. Bagaimana air garam dapat mempengaruhi keadaan keempat telur tersebut? berikan pendapat Anda sesuai dengan hukum Archimedes!

LEMBAR KEJA PESERTA DIDIK

HUKUM PASCAL

Kelompok :

Nama Anggota : 1.
2.
3.
4.
5.
6.

Kelas :

I. Tujuan

1. Menganalisis penerapan prinsip Hukum Pascal dalam berbagai situasi untuk menyelesaikan masalah.

II. Fenomena



Tau nggak sih?, Hukum Pascal itu salah satu prinsip fisika yang sering kita temui di kehidupan sehari-hari, salah satunya pada dongkrak hidrolik. Hukum ini menjelaskan bahwa tekanan yang diberikan pada cairan di dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama. Prinsip ini dimanfaatkan pada dongkrak hidrolik untuk mengangkat benda yang berat. Saat kita menekan piston yang kecil, tekanan tersebut langsung diteruskan ke piston yang lebih besar. Walaupun dorongan awalnya kecil, piston besar bisa menghasilkan gaya yang jauh lebih besar sehingga beban berat, seperti mobil, dapat terangkat dengan mudah. Hal ini menunjukkan betapa besar pengaruh tekanan yang diteruskan melalui cairan.

III. Rumusan Masalah

Berdasarkan fenomena yang disajikan, rumuskanlah permasalahan dalam bentuk pertanyaan yang berkaitan dengan prinsip Hukum Pascal!

(Alternatif: Pada penggunaan dongkrak hidrolik, apakah untuk mengangkat mobil diperlukan beban yang massanya sama atau lebih besar dari massa mobil?)

IV. Hipotesis

V. Alat dan Bahan

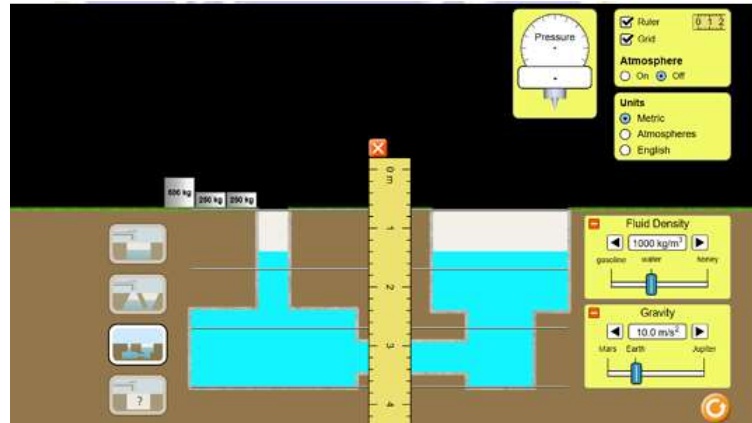
1. Smartphone dengan aplikasi PhET
2. Lembar Kerja Murid
3. Alat Tulis

VI. Prosedur Percobaan

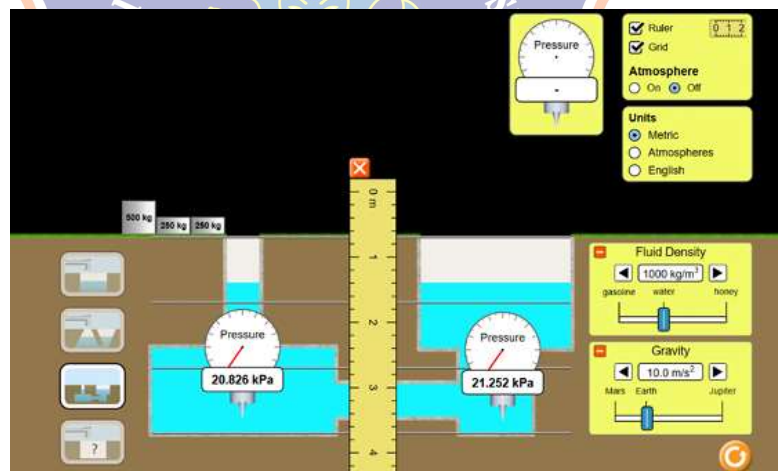
1. Siapkan perangkat (HP/Laptop/PC) yang digunakan untuk mengakses aplikasi PhET *simulation* pada link:
https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_in.html
2. Pilih dan jalankan simulasi.
3. Pilih Tampilan Ketiga di bagian kiri bawah layar sehingga tampilan berubah seperti gambar berikut.



4. Klik bagian Off pada menu Atmosphere, lalu berikan centang pada kotak Ruler dan Kotak Grid. Lalu ubah nilai Gravity $9,8 \text{ m/s}^2$ menjadi 10 m/s^2 dengan klik tanda panah di menu Gravity.



5. Ambil dan tempatkan Ruler di tengah antara fluida kiri dan fluida sebelah kanan dan sesuaikan garis ruler 1 m pada bagian permukaan air.
6. Tarik Pressure meter ke dalam pipa kiri di bagian paling dasar, lalu tarik Pressure meter ke bagian paling dasar pipa kanan sampai muncul nilai pada skala dan catat skala terbaca pada kedua buah pressure meter.



7. Kemudian masukkan beban 250 kg lalu catat perubahan tekanan pada skala kedua buah pressure meter, kemudian lakukan kembali dengan menambahkan beban 250 kg dan 500 kg. Lalu catat kenaikan cairan sebelah kanan setelah semua beban diisi.
8. Ulangi langkah 5 dan 6 menggunakan fluida cair berikutnya yaitu gasoline dan honey dengan menggeser bar Fluid Density dan catat hasilnya pada tabel hasil pengamatan.

VII. Hasil Pengamatan

1. Air (water)

No.	Massa	Tekanan Sebelum Penambahan Beban		Tekanan Sesudah Penambahan Beban		Perubahan Tinggi Cairan
		Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	
1	250 gr					
2	500 gr					
3	1000 gr					

2. Gasoline

No.	Massa	Tekanan Sebelum Penambahan Beban		Tekanan Sesudah Penambahan Beban		Perubahan Tinggi Cairan
		Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	
1	250 gr					
2	500 gr					
3	1000 gr					

3. Honey

No.	Massa	Tekanan Sebelum Penambahan Beban		Tekanan Sesudah Penambahan Beban		Perubahan Tinggi Cairan
		Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	
1	250 gr					
2	500 gr					
3	1000 gr					

VIII. Analisis Hasil Pengamatan

1. Bagaimanakah tekanan yang dialami oleh *Pressure Meter* sebelah kiri dan *Pressure Meter* sebelah kanan?

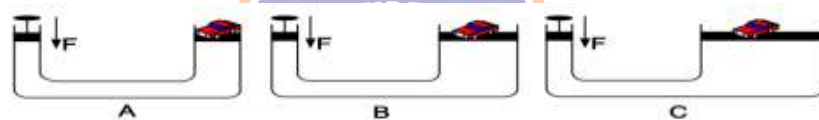
2. Bagaimanakah pengaruh pemberian beban terhadap tekanan yang dihasilkan pada pipa kiri dan pipa kanan?

3. Tulis hubungan pemberian beban pada pipa kiri terhadap kenaikan fluida pada sebelah kanan! Menurutmu fluida mana yang mengalami kenaikan fluida paling besar?

IX Kesimpulan

X. Aplikasi Konsep dalam Pemecahan Masalah

1. Perhatikan tiga rancangan alat hidrolik berbentuk bejana U seperti yang tampak pada gambar di bawah ini!



Ketiga bejana U tersebut berisi jenis cairan yang sama, dan masing-masing digunakan untuk mengangkat beban dengan massa yang sama. Menurut pendapatmu, bejana U manakah yang harus digunakan agar tenaga yang digunakan untuk mengangkat beban tidak terkuras banyak? Jelaskan!

LEMBAR KEJA PESERTA DIDIK
TEGANGAN PERMUKAAN & VISKOSITAS

Kelompok :

Nama Anggota : 1.

2.

3.

4.

5.

6.

Kelas :

I. Tujuan

1. Menganalisis prinsip tekanan hidrostatik dalam berbagai situasi untuk menyelesaikan masalah.
2. Menganalisis prinsip-prinsip Archimedes dalam berbagai situasi untuk menyelesaikan masalah.

II. Fenomena



Fenomena tegangan permukaan dan viskositas sebenarnya sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, meskipun tidak selalu kita sadari. Salah satu contohnya dapat diamati setelah hujan, ketika tetesan air terlihat menempel di permukaan daun dan tidak langsung meresap, melainkan membentuk bulatan kecil. Hal ini terjadi akibat adanya tegangan permukaan, yaitu gaya tarik-menarik antarmolekul air di bagian permukaannya yang menyebabkan tetesan air tetap menyatu. Contoh lain dapat dilihat saat menuangkan madu atau sirup. Kedua cairan tersebut mengalir lebih lambat dibandingkan air karena memiliki viskositas yang lebih tinggi. Viskositas merupakan ukuran kekentalan suatu cairan yang memengaruhi kemudahan cairan tersebut untuk mengalir. Madu yang lebih kental memiliki viskositas tinggi, sedangkan air memiliki viskositas rendah sehingga dapat mengalir lebih cepat. Kedua fenomena ini menunjukkan bahwa perilaku zat cair dipengaruhi oleh sifat fisik yang dimilikinya.

III. Rumusan Masalah

1. Berdasarkan fenomena yang disajikan, rumuskanlah permasalahan dalam bentuk pertanyaan yang berkaitan dengan konsep tegangan permukaan!
(Alternatif: Mengapa jarum atau pisau kecil bisa mengapung di atas air jika diletakkan dengan hati-hati?)
2. Berdasarkan fenomena yang disajikan, rumuskanlah permasalahan dalam bentuk pertanyaan yang berkaitan dengan konsep viskositas zat cair!
(Alternatif: Mengapa madu mengalir lebih lambat dibandingkan air ketika dituangkan?)

VI. Hipotesis

V. Alat dan Bahan

1. Smartphone
2. Lembar Kerja Murid
3. Alat Tulis

VI. Prosedur Pengamatan

1. Siapkan laptop/PC/Smartphone yang telah terhubung ke internet.
2. Simak dan cermatilah dua video berikut ini (Silakan nyalakan subtitle untuk mempermudah memahami isi video).

https://www.youtube.com/watch?v=P_jQ1B9UwpU&t=13s

<https://www.youtube.com/watch?v=PJYrvWdL8PY&t=191s>

3. Setelah memahami konsep dari video yang telah disimak, lengkapi Tabel 1 sesuai dengan contoh pertama.

VII. Hasil Pengamatan

Gambar	Fenomena	Penjelasan
	san air pada daun talas	talas memiliki permukaan yang licin (hidrofobik). Gaya adhesi antara air dan daun lebih lemah daripada kohesi antar molekul

Gambar	Fenomena	Penjelasan
		air, sehingga air membentuk tetesan bulat.
	nta menyebar di kertas	
	Merkuri dalam termometer membentuk permukaan cembung	
	sabun membuat pakaian kotor menjadi bersih	
	permukaan air sabun membentuk gelembung	
	cat mengering di dinding	

Gambar	Fenomena	Penjelasan
	menempel pada kaca jendela setelah hujan	
	a printer meresap ke dalam kertas foto	
	membentuk tetesan bulat	

VIII. Analisis Hasil Pengamatan

1. Berdasarkan tabel hasil pengamatan tersebut, bagaimana hubungan gaya adhesi dan kohesi terhadap fenomena tegangan permukaan dan kapilaritas?

2. Bagaimana mekanisme pengangkutan air dari akar menuju daun pada tumbuhan melawan gaya gravitasi? Jelaskan peran gaya adhesi dan kohesi dalam proses tersebut!

3. Bima melakukan percobaan untuk membandingkan kekentalan beberapa jenis cairan. Ia menyiapkan tiga gelas ukur berisi cairan berbeda dengan volume yang sama. Dari permukaan cairan, Bima menjatuhkan sebuah baut kecil dan mengukur waktu yang dibutuhkan baut untuk mencapai dasar gelas. Setelah melakukan tiga kali percobaan, ia mencatat hasilnya sebagai berikut:

No.	Jenis cairan	Waktu tempuh
1	Cairan A	4,2
2	Cairan B	7,8
3	Cairan C	5,1

Berdasarkan hasil tersebut, cairan manakah yang memiliki viskositas paling tinggi?
Jelaskan alasannya!

IX. Kesimpulan



GLOSARIUM

- Fluida Statis** : Zat yang dapat mengalir serta hanya sedikit menahan perubahan bentuk ketika diberi tekanan, tetapi berada dalam keadaan diam (tidak mengalir).
- Tekanan** : Besar gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu permukaan tiap satuan luas. Satuan SI: Pascal (Pa).
- Tekanan Hidrostatik** : Tekanan yang timbul akibat berat zat cair pada suatu titik di dalamnya. Nilainya bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman.
- Massa Jenis** : Perbandingan antara massa suatu benda dengan volumenya.
- Hukum Archimedes** : Benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan.
- Gaya Apung** : Gaya angkat ke atas yang dialami benda saat berada di dalam fluida, sesuai dengan prinsip Archimedes.
- Hukum Pascal** : Tekanan yang diberikan pada fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah.
- Tegangan Permukaan** : Gaya per satuan panjang yang bekerja sejajar dengan permukaan fluida, menyebabkan permukaan fluida seolah-olah bersifat elastis.
- Kapilaritas** : Peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair di dalam pipa kapiler (pipa berdiameter kecil) akibat pengaruh tegangan permukaan serta gaya adhesi antara zat cair dan dinding pipa.
- Viskositas** : Ukuran kekentalan fluida yang menunjukkan tingkat hambatan fluida terhadap aliran.

Semakin besar viskositas, semakin sulit fluida mengalir.

- Gaya Kohesi** : Gaya tarik-menarik antar molekul yang sejenis.
- Gaya Adhesi** : Gaya tarik-menarik antara molekul-molekul yang berbeda jenis.



DAFTAR PUSTAKA

- Oktaviana, D. (2024). *Bahan Ajar Fisika: FLuida Statis*. Diambil kembali dari https://static.perangkat-ajar.belajar.id/9577__BAHAN_AJAR_FISIKA_FLUIDA_STATIS_DEWI_OKTAVIANA.pdf
- Kusrini. (2020). *Modul Pembelajaran SMA Fisika: Fluida Statis Kelas XI*. Diambil kembali dari https://repositori.kemendikdasmen.go.id/22209/1/XI_Fisika_KD-3.3-_Final.pdf
- Nurachamandani, S. (2009). *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Grahadi.



Lampiran 3.2 Modul Ajar Eksperimen 2 (Model PBL) dan Lembar Kerja Peserta Didik



MODUL AJAR *DEEP LEARNING*

FLUIDA STATIS

A. Identitas Modul

Nama Sekolah	: SMA Negeri 1 Singaraja
Nama Penyusun	: Pande Made Laksmi Puja Rastiti
Mata Pelajaran	: Fisika
Kelas/Fase/Semester	: XI/F/Genap
Alokasi Waktu	: 10×45 menit (4 Pertemuan)
Tahun Pelajaran	: 2025/2026

B. Identifikasi Persiapan Peserta Didik

Peserta didik pada umumnya telah memiliki pengetahuan dasar tentang materi dan wujud zat dari jenjang SMP atau kelas X, termasuk konsep massa, volume, dan kepadatan. Mereka mungkin sudah pernah mengamati fenomena terkait fluida dalam kehidupan sehari-hari seperti kapal mengapung, benda tenggelam, atau air mengalir. Pengetahuan dasar tentang gaya dan tekanan juga sudah dimiliki. Keterampilan yang sudah dimiliki meliputi melakukan pengukuran dasar, mencatat data, dan melakukan perhitungan sederhana. Pemahaman mereka tentang prinsip-prinsip fisika di balik fenomena fluida masih perlu diperdalam. Asesmen awal akan membantu memetakan sejauh mana pemahaman ini.

C. Karakteristik Materi Pembelajaran

Materi "Fluida Statis" adalah jenis pengetahuan konseptual, prosedural, dan faktual. Peserta didik akan memahami sifat-sifat fluida (cair dan gas), konsep tekanan, hukum-hukum dasar fluida statis (Hukum Archimedes, Hukum Pascal). Relevansi materi sangat tinggi dengan kehidupan nyata karena aplikasi fluida ditemukan di mana-mana, mulai dari sistem hidrolik kendaraan, alat ukur tekanan darah, prinsip kerja pesawat terbang, hingga sistem perpipaan di rumah. Tingkat kesulitan materi dianggap sedang hingga tinggi, karena melibatkan konsep abstrak seperti tekanan, gaya apung, serta perhitungan matematis yang membutuhkan pemahaman vektor dan aljabar. Struktur materi fluida statis meliputi massa jenis, tekanan hidrostatis, Hukum Pascal, Hukum Archimedes,

dan sifat antarmuka fluida. Integrasi nilai dan karakter akan ditekankan pada ketelitian dalam pengukuran dan perhitungan, berpikir kritis dalam menganalisis fenomena fisika, kolaborasi dalam eksperimen, serta rasa syukur terhadap hukum-hukum alam yang kompleks.

D. Dimensi Profil Lulusan Pembelajaran

Dalam pembelajaran materi Fluida Statis ini, dimensi profil lulusan yang akan dicapai adalah:

- **Penalaran Kritis:** Peserta didik akan dilatih untuk menganalisis fenomena fluida, menerapkan prinsip-prinsip fisika untuk memecahkan masalah, dan mengevaluasi asumsi dalam perhitungan.
- **Kreativitas:** Peserta didik akan didorong untuk merancang eksperimen, membuat model sederhana, atau menemukan solusi inovatif untuk masalah terkait fluida.
- **Kolaborasi:** Peserta didik akan bekerja sama dalam kelompok untuk melakukan percobaan, menganalisis data, dan mempresentasikan temuan mereka.
- **Kemandirian:** Peserta didik akan didorong untuk mandiri dalam mencari informasi tambahan, menguji hipotesis, dan mengatasi tantangan dalam eksperimen fluida.

DESAIN PEMBELAJARAN

A. Capaian Pembelajaran (CP) Nomor: 46 Tahun 2025

Pada akhir fase F, peserta didik mampu menganalisis dan menerapkan konsep fluida statis, termasuk tekanan, gaya apung, prinsip Pascal, prinsip Archimedes, dalam berbagai konteks nyata.

B. Lintas Ilmu Disiplin yang Relevan

- **Matematika:** Penggunaan konsep persamaan, aljabar, perbandingan, dan geometri untuk perhitungan dalam fluida.
- **Kimia:** Konsep kerapatan zat, sifat-sifat molekuler cairan dan gas.
- **Biologi:** Aplikasi fluida dalam sistem peredaran darah, pernapasan, dan tekanan osmotik.

- Teknik (Mesin, Sipil): Prinsip dasar hidrolik, aerodinamika, dan hidrodinamika yang digunakan dalam rekayasa.

C. Tujuan Pembelajaran

Pertemuan 1: Menganalisis Konsep Tekanan dan Fluida Statis

- Peserta didik mampu menganalisis hubungan antara massa jenis, kedalaman dan tekanan hidrostatik berdasarkan demonstrasi sederhana.
- Peserta didik mampu menginterpretasikan data atau fenomena tekanan hidrostatik pada kedalaman tertentu dalam fluida homogen.

Pertemuan 2 dan 3 : Menganalisis dan Mengevaluasi Hukum Pascal dan Hukum Archimedes

- Peserta didik mampu menganalisis prinsip Hukum Pascal dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari (misalnya, dongkrak hidrolik) setelah simulasi atau demonstrasi.
- Peserta didik mampu menganalisis hubungan antara massa jenis fluida, volume benda tercelup, dan gaya apung berdasarkan Hukum Archimedes, kemudian menginterpretasikan kondisi benda (terapung, melayang, tenggelam).

Pertemuan 3: Melakukan Eksperimen Gaya Apung dan Menganalisis Faktor yang Memengaruhi

- Peserta didik mampu merancang dan melakukan eksperimen sederhana untuk membuktikan Hukum Archimedes dengan cermat.
- Peserta didik mampu menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi gaya apung pada suatu benda (massa jenis fluida, volume benda yang tercelup) berdasarkan hasil eksperimen.

Pertemuan 4: Memahami Konsep Tekanan dan Viskositas

- Peserta didik mampu mengevaluasi fenomena dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan tegangan permukaan.
- Peserta didik mampu menganalisis fenomena kapilaritas pada berbagai cairan dan bahan berpori.
- Peserta didik mampu mengevaluasi hasil eksperimen tentang viskositas suatu cairan.

D. Topik Pembelajaran Kontekstual

Topik pembelajaran akan berfokus pada aplikasi nyata dari konsep fluida, seperti:

- "Mengapa kapal laut yang besar bisa mengapung, sedangkan batu kecil tenggelam?"
- "Bagaimana rem hidrolik pada kendaraan bekerja?"
- "Mengapa air di selang menyembrot lebih jauh saat ujungnya diperkecil?"
- "Bagaimana pesawat terbang bisa terangkat ke udara?"
- "Mengapa saat menyelam di laut dalam, telinga terasa sakit?"

E. Kerangka Pembelajaran

Praktik Pedagogik:

- Model Pembelajaran *Problem Based Learning*:
- Diskusi Kelompok:
- Eksplorasi Lapangan:

Mitra Pembelajaran

- Lingkungan Sekolah:

Lingkungan Belajar

- Ruang Fisika: Laboratorium Fisika dengan peralatan eksperimen fluida (bejana berhubungan, hidrometer, dongkrak hidrolik sederhana, pipa dengan berbagai penampang), kelas dengan proyektor/layar interaktif, ruang diskusi kelompok yang fleksibel.
- Ruang Virtual: video animasi tentang prinsip fluida, dan *platform* LMS (*Google Classroom*) untuk berbagi materi, pengumpulan tugas, dan diskusi.
- Budaya Belajar: Mendorong budaya belajar berbasis masalah, pemecahan masalah, dan penemuan. Menciptakan lingkungan di mana peserta didik merasa aman untuk bereksperimen, membuat hipotesis, dan belajar dari hasil percobaan. Membangun rasa ingin tahu yang kuat tentang fenomena fisika di sekitar mereka.

Pemanfaatan Digital:

- Sumber *Online*: Mengarahkan peserta didik untuk mencari referensi, tutorial, dan berita terbaru tentang aplikasi fluida dari sumber terpercaya.

- Forum Diskusi Daring: Menggunakan fitur forum di *Google Classroom* atau *platform* lain untuk diskusi teknis, tanya jawab, atau berbagi penemuan terkait materi.

F. Langkah-langkah Pembelajaran

1. PERTEMUAN I

Alokasi Waktu : (2 JP) 2 × 45 menit

Materi : Tekanan Hidrostatik

Model Pembelajaran : *Problem Based Learning*

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
Pendahuluan	• Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. • Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran. • Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. • Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Tekanan Hidrostatik. • Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.		3 menit
Inti	Fase: 1 Mengorientasikan siswa pada masalah	1) Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. 2) Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: "Ketika kita menyelam di kolam berenang atau di sungai, semakin kita menyelam mendekati dasar kolam, telinga kita akan terasa semakin tertekan, mengapa hal itu bisa terjadi?" 3) Siswa mengamati video pembelajaran yang menyajikan fenomena nyata beserta penjelasan konsep guna membantu memahami konteks permasalahan yang akan dianalisis. Link: https://youtu.be/uzpAqMCtbi8?si=QZFYlxwfg-aru8j0	80 menit
	Fase 2: Mengorganisasi siswa untuk belajar	1) Siswa dibagi ke dalam kelompok yang terdiri atas 5-6 orang. 2) Setiap kelompok menerima LKPD dan alat bantu pembelajaran. 3) Guru menjelaskan langkah kerja dan tujuan kegiatan. 4) Guru memfasilitasi kegiatan diskusi kelompok, sementara siswa secara aktif menentukan pembagian tugas, melaksanakan penyelidikan, menyusun laporan hasil diskusi,	

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
		mempresentasikan hasil, dan melakukan tanya jawab.	
	Fase 3: Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok	1) Guru mengarahkan siswa untuk melakukan literasi melalui LKPD mengenai penerapan tekanan hidrostatis dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada fenomena bocornya talang air, dan fenomena kapal selam. 2) Guru mendampingi siswa selama melakukan kegiatan literasi dan memastikan bahwa siswa melakukan kegiatan sesuai arahan guru serta mendapatkan data yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang akan dipecahkan. 3) Siswa mengerjakan LKPD dengan bantuan praktikum untuk mencari data dan jawaban dari permasalahan yang disediakan. 4) Guru memfasilitasi dan membimbing proses penyelidikan, memantau perkembangan diskusi, serta mengevaluasi dan menilai keterlibatan serta kinerja siswa selama kegiatan berlangsung.	
	Fase 4: Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	1) Siswa mendiskusikan hasil kegiatan kelompok. 2) Setiap kelompok mempresentasikan hasil temuan dan jawaban atas permasalahan yang diberikan. 3) Kelompok lain memberikan tanggapan dan pertanyaan.	
	Fase 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	1) Guru memfasilitasi siswa untuk melakukan kegiatan diskusi. 2) Guru bersama siswa melakukan refleksi terhadap proses dan hasil pembelajaran. 3) Guru menegaskan kembali konsep utama Tekanan Hidrostatik dan penerapannya.	
Penutup	• Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. • Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. • Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. • Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. • Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. • Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. • Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.		7 menit

2. PERTEMUAN II

Alokasi Waktu : (2 JP) 2 × 45 menit

Materi : Hukum Archimedes

Model Pembelajaran : *Problem Based Learning*

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
Pendahuluan	- Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. - Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran. - Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. - Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Hukum Archimedes. - Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.		3 menit
Inti	Fase: 1 Mengorientasikan siswa pada masalah	1) Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. 2) Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: “ketika kita melempar batu ke sungai batu itu akan tenggelam, tapi mengapa kapal laut yang lebih berat dari batu bisa mengapung?” 3) Siswa mengamati video pembelajaran yang menyajikan fenomena nyata beserta penjelasan konsep guna membantu memahami konteks permasalahan yang akan dianalisis. <i>Link:</i> https://youtu.be/0QCq6GPY8kQ?si=fxpA-p8bNcpqipoQ	80 menit
	Fase 2: Mengorganisasi siswa untuk belajar	1) Siswa dibagi ke dalam kelompok yang terdiri atas 5-6 orang. 2) Setiap kelompok menerima LKPD dan alat bantu pembelajaran. 3) Guru menjelaskan langkah kerja dan tujuan kegiatan. 4) Guru memfasilitasi kegiatan diskusi kelompok, sementara siswa secara aktif menentukan pembagian tugas, melaksanakan penyelidikan, menyusun laporan hasil diskusi, mempresentasikan hasil, dan melakukan tanya jawab.	
	Fase 3: Membimbing penyelidikan	1) Guru mengarahkan siswa untuk melakukan literasi melalui LKPD mengenai penerapan tekanan hidrostatis dalam kehidupan	

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
	individu maupun kelompok	sehari-hari, seperti pada fenomena bocornya talang air, dan fenomena kapal selam. 2) Guru mendampingi siswa selama melakukan kegiatan literasi dan memastikan bahwa siswa melakukan kegiatan sesuai arahan guru serta mendapatkan data yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang akan dipecahkan. 3) Siswa mengerjakan LKPD untuk mencari data dan jawaban dari permasalahan yang disediakan. 4) Guru memfasilitasi dan membimbing proses penyelidikan, memantau perkembangan diskusi, serta mengevaluasi dan menilai keterlibatan serta kinerja siswa selama kegiatan berlangsung.	
	Fase 4: Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	1) Siswa mendiskusikan hasil kegiatan kelompok. 2) Setiap kelompok mempresentasikan hasil temuan dan jawaban atas permasalahan yang diberikan. 3) Kelompok lain memberikan tanggapan dan pertanyaan.	
	Fase 5: Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	1) Guru memfasilitasi siswa untuk melakukan kegiatan diskusi. 2) Guru bersama siswa melakukan refleksi terhadap proses dan hasil pembelajaran. 3) Guru menegaskan kembali konsep utama Tekanan Hidrostatik dan penerapannya.	
Penutup	• Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. • Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. • Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. • Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. • Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. • Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. • Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.		7 menit

3. PERTEMUAN III

Alokasi Waktu : (2 JP) 2 × 45 menit

Materi : Hukum Pascal

Model Pembelajaran : Problem Based Learning

Kegiatan	Deskripsi	Waktu
Pendahuluan	• Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. • Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran. • Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. • Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Hukum Pascal. • Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.	3 menit
Inti	Fase 1: Mengorientasikan siswa pada masalah 1) Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. 2) Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: “saat kita pergi ke bengkel untuk mencuci mobil, kita melihat bahwa mobil itu dapat terangkat hanya dengan menekan sebuah tuas kecil pada dongkrak hidrolik, mengapa hal itu bisa terjadi?” 3) Siswa mengamati video pembelajaran yang menyajikan fenomena nyata beserta penjelasan konsep guna membantu memahami konteks permasalahan yang akan dianalisis. Link: https://youtu.be/GHCOuxUPOGA?si=8BszocE6w_sNt6Vz	80 menit
	Fase 2: Mengorganisasi siswa untuk belajar 1) Siswa dibagi ke dalam kelompok yang terdiri atas 5-6 orang. 2) Setiap kelompok menerima LKPD dan alat bantu pembelajaran. 3) Guru menjelaskan langkah kerja dan tujuan kegiatan. 4) Guru memfasilitasi kegiatan diskusi kelompok, sementara siswa secara aktif menentukan pembagian tugas, melaksanakan penyelidikan, menyusun laporan hasil diskusi, mempresentasikan hasil, dan melakukan tanya jawab.	
	Fase 3: Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok 1) Guru mengarahkan siswa untuk melakukan literasi melalui LKPD mengenai penerapan tekanan hidrostatis dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada fenomena bocornya talang air, dan fenomena kapal selam. 2) Guru mendampingi siswa selama melakukan kegiatan literasi dan memastikan bahwa siswa melakukan kegiatan sesuai arahan guru serta mendapatkan data yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang akan dipecahkan. 3) Siswa mengerjakan LKPD untuk mencari data dan jawaban dari permasalahan yang disediakan. 4) Guru memfasilitasi dan membimbing proses penyelidikan, memantau perkembangan diskusi, serta mengevaluasi dan menilai keterlibatan serta kinerja siswa selama kegiatan berlangsung.	
	Fase 4: 1) Siswa mendiskusikan hasil kegiatan kelompok.	

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
	Mengemban- gkan dan menyajikan hasil karya	2) Setiap kelompok mempresentasikan hasil temuan dan jawaban atas permasalahan yang diberikan. 3) Kelompok lain memberikan tanggapan dan pertanyaan.	
	Fase 5: Mengana-lisis dan me- ngevaluasi proses pe- mecahan masalah	1) Guru memfasilitasi siswa untuk melakukan kegiatan diskusi. 2) Guru bersama siswa melakukan refleksi terhadap proses dan hasil pembelajaran. 3) Guru menegaskan kembali konsep utama Tekanan Hidrostatik dan penerapannya.	
Penutup	- Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. - Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. - Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. - Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. - Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. - Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. - Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.		7 menit

4. PERTEMUAN IV

Alokasi Waktu : (2 JP) 2 × 45 menit

Materi : Sifat Antarmuka Fluida

Model Pembelajaran : *Problem Based Learning*

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
Pendahuluan	- Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. - Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran. - Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. - Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Sifat Antarmuka Fluida. - Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.		3 menit
Inti	Fase: 1 Mengorientasikan siswa pada masalah	1) Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. 2) Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: “saat kita pergi ke sawah, kita dapat melihat serangga yang bisa berdiri di atas permukaan air, bahkan serangga tersebut bisa berjalan di atas permukaan air, mengapa bisa seperti itu?” 3) Siswa mengamati video pembelajaran yang menyajikan fenomena nyata beserta penjelasan konsep guna	80 menit

Kegiatan	Deskripsi	Waktu
	membantu memahami konteks permasalahan yang akan dianalisis. Link: https://youtu.be/Ks6kK8vj5Mk?si=3seMeHOU3Gd36h31	
Fase 2: Mengorgani- sasi siswa un- tuk belajar	1) Siswa dibagi ke dalam kelompok yang terdiri atas 5-6 orang. 2) Setiap kelompok menerima LKPD dan alat bantu pembelajaran. 3) Guru menjelaskan langkah kerja dan tujuan kegiatan. 4) Guru memfasilitasi kegiatan diskusi kelompok, sementara siswa secara aktif menentukan pembagian tugas, melaksanakan penyelidikan, menyusun laporan hasil diskusi, mempresentasikan hasil, dan melakukan tanya jawab.	
Fase 3: Membimbing penyelidikan individu ma- upun kelom- pok	1) Guru mengarahkan siswa untuk melakukan literasi melalui LKPD mengenai penerapan tekanan hidrostatik dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada fenomena bocornya talang air, dan fenomena kapal selam. 2) Guru mendampingi siswa selama melakukan kegiatan literasi dan memastikan bahwa siswa melakukan kegiatan sesuai arahan guru serta mendapatkan data yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang akan dipecahkan. 3) Siswa mengerjakan LKPD untuk mencari data dan jawaban dari permasalahan yang disediakan. 4) Guru memfasilitasi dan membimbing proses penyelidikan, memantau perkembangan diskusi, serta mengevaluasi dan menilai keterlibatan serta kinerja siswa selama kegiatan berlangsung.	
Fase 4: Mengembang- kan dan me- nyajikan hasil karya	1) Siswa mendiskusikan hasil kegiatan kelompok. 2) Setiap kelompok mempresentasikan hasil temuan dan jawaban atas permasalahan yang diberikan. 3) Kelompok lain memberikan tanggapan dan pertanyaan.	
Fase 5: Menganalisis dan mengeva- luasi proses pemecahan masalah	1) Guru memfasilitasi siswa untuk melakukan kegiatan diskusi. 2) Guru bersama siswa melakukan refleksi terhadap proses dan hasil pembelajaran. 3) Guru menegaskan kembali konsep utama Tekanan Hidrostatik dan penerapannya.	
Penutup	• Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. • Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. • Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. • Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. • Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. • Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. • Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.	7 menit

G. Asesmen Pembelajaran

Asesmen Awal Pembelajaran

- **Observasi:** Guru mengamati partisipasi dan interaksi siswa selama sesi apresiasi dan diskusi awal untuk mendapatkan gambaran awal tentang pemahaman dan kepercayaan diri mereka dalam topik fluida.
- **Tes Diagnostik:** Tes tertulis berupa soal uraian untuk menguji pemahaman awal terkait fluida statis

Asesmen Proses Pembelajaran

- **Tugas Harian:** Observasi dan penilaian terhadap partisipasi dalam diskusi kelompok.
- **Diskusi Kelompok:** Penilaian rubrik terhadap kemampuan kolaborasi, penyampaian ide, menganalisis masalah, dan memberikan solusi dalam diskusi tentang prinsip fluida statis.
- **Laporan Eksperimen (LKPD):** Penilaian rubrik terhadap kemampuan merancang, melaksanakan, menganalisis, dan menyimpulkan hasil eksperimen.

Asesmen Akhir Pembelajaran

- **Tes Sumatif:** Tes tertulis berupa soal uraian terkait materi fluida statis.

Materi Ajar

Fluida merupakan zat yang memiliki kemampuan untuk mengalir serta tidak mampu mempertahankan bentuknya ketika dikenai tekanan, karena hanya memberikan hambatan yang sangat kecil terhadap perubahan bentuk. Oleh sebab itu, fluida sering disebut sebagai zat alir. Contoh dari fluida adalah zat cair dan zat gas. Cabang fisika yang secara khusus membahas perilaku fluida dikenal sebagai mekanika fluida. Cabang ilmu ini terbagi menjadi dua, yaitu fluida Statis atau hidrostatika yang merupakan cabang ilmu fisika yang mempelajari tentang fluida yang diam atau tidak bergerak, dan fluida Dinamis atau hidrodinamika, yakni cabang ilmu fisika yang mempelajari fluida yang bergerak. Modul ini akan berfokus ke materi fluida statis.

1. Tekanan Hidrostatik

Pada prinsipnya, setiap fluida akan menimbulkan tekanan pada permukaan yang bersentuhan dengannya. Tekanan dapat diartikan sebagai besarnya gaya yang

bekerja tegak lurus terhadap suatu permukaan dibagi dengan luas permukaan tersebut. Permukaan yang menerima gaya dinamakan bidang tekan, sedangkan gaya yang bekerja pada bidang tersebut disebut gaya tekan. Secara matematis, hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A}$$

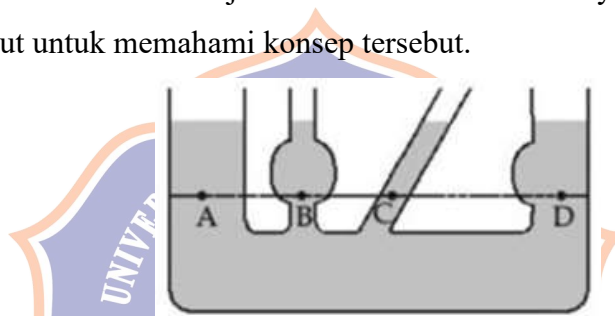
Keterangan:

P : tekanan (Nm^{-2} , Pa)

F : gaya (N)

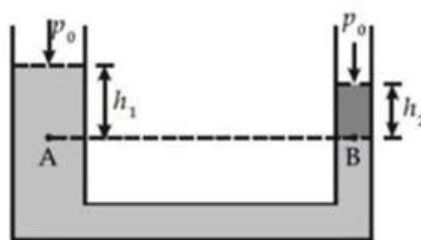
A : luas bidang (m^2)

Hukum dasar hidrostatik menyatakan bahwa setiap titik yang berada pada satu bidang datar di dalam zat cair sejenis memiliki besar tekanan yang sama. Perhatikan ilustrasi berikut untuk memahami konsep tersebut.



Gambar 5 Bejana berhubungan dengan bentuk tabung berbeda
(Sumber: materikimia.com)

Pada ilustrasi tersebut terlihat sebuah bejana berhubungan yang diisi oleh fluida. Tinggi permukaan fluida pada masing-masing tabung tampak sama, meskipun bentuk setiap tabung berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan bentuk wadah tidak memengaruhi besar tekanan pada titik-titik yang berada pada kedalaman yang sama. Dengan demikian, tekanan di titik A, B, C, dan D bernilai sama. Persamaan Hukum Utama Hidrostatik dapat kita turunkan dengan memperhatikan gambar berikut:



Gambar 6 Bejana berhubungan dengan bentuk tabung sama
(Sumber: materikimia.com)

Sebagai contoh, pada sebuah bejana berhubungan dimasukkan dua jenis fluida yang memiliki massa jenis berbeda, masing-masing ρ_1 dan ρ_2 . Jika pengukuran dilakukan dari batas terendah kedua fluida, yaitu pada titik A dan titik B, diketahui bahwa fluida pertama memiliki tinggi h_1 dan fluida kedua memiliki tinggi h_2 . Berdasarkan persamaan tekanan hidrostatik, besar tekanan pada titik A dan titik B dipengaruhi oleh massa jenis masing-masing fluida serta tinggi kolom fluida di dalam tabung. Secara matematis dapat dirumuskan:

$$\begin{aligned} p_A &= p_B \\ p_0 + \rho_1 g h_1 &= p_0 + \rho_2 g h_2 \\ \rho_1 h_1 &= \rho_2 h_2 \end{aligned}$$

Keterangan:

h_1 : jarak titik A terhadap permukaan fluida 1 (m)

h_2 : jarak titik B terhadap permukaan fluida 2 (m)

ρ_1 : massa jenis fluida 1 (kg/m^3)

ρ_2 : massa jenis fluida 2 (kg/m^3)

Tekanan dalam zat cair dipengaruhi oleh kedalamannya. Semakin dalam suatu titik berada di dalam zat cair, semakin besar tekanan yang dialami pada titik tersebut. Hal ini terjadi karena gaya gravitasi menarik seluruh bagian zat cair ke arah bawah. Jika tinggi kolom zat cair dalam suatu wadah semakin besar, maka berat zat cair tersebut juga bertambah, sehingga tekanan yang diberikan pada dasar wadah menjadi semakin besar. Tekanan yang timbul semata-mata akibat berat zat cair ini disebut sebagai tekanan hidrostatik. Tekanan hidrostatik (P) zat cair dengan massa jenis (ρ) pada kedalaman h dirumuskan dengan:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan:

P_h : tekanan hidrostatik (Nm^{-2} , Pa)

ρ : massa jenis zat cair (kg/m^3)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

h : kedalaman dari permukaan zat cair (m)

Selain dipengaruhi oleh kedalaman, tekanan pada suatu titik di dalam zat cair juga dipengaruhi oleh tekanan atmosfer yang bekerja pada permukaan zat cair tersebut. Oleh karena itu, tekanan total pada kedalaman tertentu merupakan hasil penjumlahan antara tekanan hidrostatik dan tekanan atmosfer. Secara matematis, tekanan total tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan:

P : tekanan total (Nm^{-2}, Pa)

P_0 : tekanan atmosfer (atm, Pa)

Tekanan yang ditunjukkan oleh alat ukur pada suatu ruang tertutup disebut sebagai tekanan terukur atau tekanan gauge. Salah satu alat yang digunakan untuk mengukur tekanan pada sistem tertutup, seperti pada alat semprot, adalah manometer tertutup. Selain itu, udara di sekitar bumi yang dikenal sebagai atmosfer juga memberikan tekanan ke segala arah. Secara matematis, hubungan antara tekanan absolut (mutlak), tekanan gauge, dan tekanan atmosfer dapat dinyatakan sebagai:

$$P = P_G + P_0$$

P : tekanan mutlak (Nm^{-2}, Pa)

P_G : tekanan terukur (Nm^{-2}, Pa)

2. Hukum Archimedes

Salah satu konsekuensi dari prinsip-prinsip statika fluida adalah Hukum Archimedes. Hukum ini menyatakan bahwa setiap benda yang tercelup sebagian maupun seluruhnya di dalam fluida akan mengalami gaya apung yang arahnya ke atas, dengan besar gaya sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut. Prinsip ini dikemukakan oleh Archimedes (287–212 SM), seorang ilmuwan dari Yunani. Melalui penemuannya, ia berhasil merumuskan cara untuk menentukan volume benda yang bentuknya tidak beraturan, yakni dengan memanfaatkan konsep perpindahan fluida. Jika berat benda di udara dinyatakan sebagai w dan berat benda saat berada di dalam zat cair sebagai w' , maka besar gaya apung (F_a) dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$F_a = w - w'$$

Gaya ke atas juga dirumuskan sebagai:

$$F_a = m_f \cdot g \leftrightarrow F_a = \rho_f \cdot g \cdot V_f$$

Keterangan:

F_a : gaya ke atas (N)

m_f : massa fluida (kg)

ρ_f : massa jenis fluida (kg/m^3)

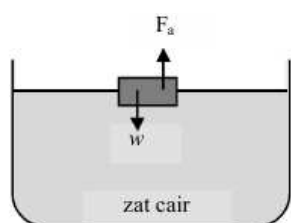
g : percepatan gravitasi (m/s^2)

V_f : volume benda yang tercelup dalam zat cair (m^3)

w : berat benda di udara

w' : berat benda di dalam zat cair

Pada benda yang berada di dalam zat cair, bekerja dua gaya utama, yaitu gaya apung (F_a) yang arahnya ke atas dan gaya berat (w) yang arahnya ke bawah. Perbandingan besar kedua gaya tersebut menentukan keadaan benda di dalam zat cair. Berdasarkan kondisi itu, posisi benda dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu mengapung, melayang, dan tenggelam.



Gambar 7 Benda mengapung

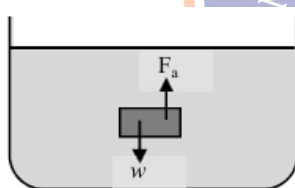
(Sumber:

<https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Benda mengapung jika gaya apung lebih besar daripada berat benda atau massa jenis fluida lebih besar dari massa jenis benda.

Syarat benda mengapung:

$$\rho_F > \rho_b$$



Gambar 8 Benda melayang

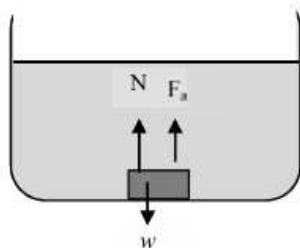
(Sumber:

<https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Benda akan melayang jika gaya apung sama dengan berat benda atau massa jenis fluida sama dengan massa jenis benda.

Syarat benda melayang:

$$\rho_F = \rho_B$$



Gambar 9 Benda tenggelam

(Sumber:

<https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Benda akan tenggelam jika gaya apung lebih kecil daripada berat benda atau massa jenis fluida lebih kecil dari massa jenis benda.

Syarat benda tenggelam:

$$\rho_F < \rho_B$$

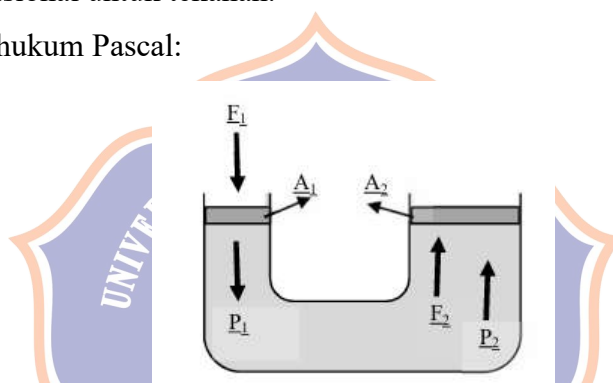
Salah satu penerapan prinsip Hukum Archimedes dalam bidang teknik dapat dijumpai pada kapal laut. Kapal dapat terapung di permukaan air karena adanya gaya apung yang diberikan oleh air dan arahnya ke atas. Besar gaya apung tersebut

sama dengan berat air yang dipindahkan oleh badan kapal. Oleh karena itu, meskipun kapal terbuat dari bahan seperti baja yang memiliki massa jenis besar, kapal tetap dapat mengapung karena volume air yang dipindahkan cukup besar sehingga menghasilkan gaya apung yang mampu menyeimbangkan berat kapal tersebut.

3. Hukum Pascal

Hukum Pascal menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan dengan besar yang sama ke segala arah. Prinsip ini dikemukakan oleh Blaise Pascal, seorang ilmuwan asal Prancis. Sebagai bentuk penghargaan atas kontribusinya, nama “Pascal” kemudian digunakan sebagai satuan internasional untuk tekanan.

Prinsip kerja hukum Pascal:



Gambar 10 Prinsip kerja hukum Pascal
(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Pengisap pertama memiliki luas penampang A_1 . Ketika pengisap tersebut diberi gaya F_1 , zat cair di dalam sistem akan memberikan tekanan yang bekerja ke atas sebesar $P \times A_1$. Akibatnya, pada pengisap pertama terjadi kondisi setimbang, sehingga berlaku hubungan sebagai berikut.

$$P \cdot A_1 = F_1 \leftrightarrow P = \frac{F_1}{A_1}$$

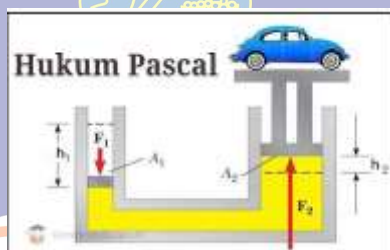
Sesuai dengan Hukum Pascal, tekanan yang diberikan pada zat cair akan diteruskan sama besar ke segala arah. Oleh karena itu, pada pengisap kedua bekerja gaya ke atas sebesar $P \times A_2$. Gaya ini menyeimbangkan gaya F_2 yang bekerja ke bawah pada pengisap kedua, sehingga berlaku hubungan sebagai berikut.

$$P \cdot A_2 = F_2 \leftrightarrow P = \frac{F_2}{A_2}$$

Dengan demikian:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \leftrightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \leftrightarrow F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1$$

Prinsip Hukum Pascal banyak dimanfaatkan dalam berbagai peralatan teknik, salah satunya pada dongkrak hidrolik dan mesin pengangkat mobil. Penerapan yang paling dikenal adalah dongkrak hidrolik, yaitu alat yang digunakan untuk mengangkat beban berat, misalnya saat mengganti ban mobil. Pada sistem hidrolik, gaya kecil yang diberikan pada piston dengan luas penampang kecil akan menghasilkan gaya yang jauh lebih besar pada piston dengan luas penampang lebih besar. Hal ini terjadi karena tekanan yang diberikan pada zat cair diteruskan sama besar ke seluruh bagian sistem. Dengan memperbesar luas piston keluaran dibandingkan piston masukan, diperoleh keuntungan mekanis sesuai perbandingan luas kedua piston tersebut. Sebagai ilustrasi, jika luas piston luar 20 kali lebih besar daripada piston dalam, maka gaya keluaran yang dihasilkan juga menjadi 20 kali lipat. Artinya, gaya sebesar 100 kg pada piston kecil dapat menghasilkan gaya angkat hingga 2000 kg atau sekitar 2 ton pada piston besar. Perhatikan gambar berikut untuk memahami prinsip kerjanya.



Gambar 11 Prinsip kerja Dongkrak Hidrolik

(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)



Gambar 12 Dongrak Hidrolik

(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Pada dongkrak hidrolik atau lift hidrolik, berlaku prinsip bahwa perbandingan gaya yang diberikan dengan gaya beban sebanding dengan perbandingan luas penampang kedua silinder. Artinya, besar gaya untuk mengangkat beban bergantung pada perbandingan luas silinder tekan dan luas silinder beban. Secara matematis, hubungan yang berlaku pada dongkrak hidrolik dan mesin hidrolik dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

1. Sifat Antarmuka Fluida

1) Tegangan Permukaan Zat Cair

Tegangan permukaan pada zat cair merupakan kecenderungan permukaannya untuk berperilaku seperti lapisan elastis yang tegang. Lapisan ini berusaha mengecil atau menyusut seminimal mungkin. Akibatnya, sejumlah zat cair cenderung membentuk konfigurasi dengan luas permukaan sekecil mungkin. Fenomena inilah yang dikenal sebagai tegangan permukaan.



Gambar 13 Tegangan permukaan
(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Tegangan permukaan (γ) dalam larutan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya tegangan permukaan (F) dan panjang permukaan (d) dimana gaya tersebut bekerja. Dapat ditulis:

$$\gamma = \frac{F}{l}$$

Keterangan:

γ : tegangan permukaan (N/m atau Nm^{-1})

F : gaya tegangan permukaan (N)

l : panjang permukaan (m)

Akibat adanya tegangan permukaan, setetes cairan cenderung membentuk bola. Bentuk bola dipilih karena memberikan luas permukaan paling kecil dibandingkan bentuk lainnya untuk volume yang sama. Oleh sebab itu, tetes-tetes embun yang menempel pada sarang laba-laba tampak berbentuk bulat menyerupai bola. Gaya tarik pada permukaan zat cair membentuk lapisan tipis yang seolah-olah menyerupai selaput atau kulit. Lapisan ini mampu menahan beban ringan. Oleh

karena itu, nyamuk dapat berjalan di atas permukaan air karena berat tubuhnya masih dapat ditopang oleh tegangan permukaan tersebut. Peristiwa serupa juga dapat diamati ketika jarum jahit diletakkan secara perlahan dan mendarat di atas air, sehingga jarum tersebut tidak langsung tenggelam.

Contoh penerapan lainnya dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat pada penggunaan detergen saat mencuci pakaian. Detergen dirancang untuk meningkatkan kemampuan air dalam membasahi dan melepaskan kotoran yang menempel pada serat kain. Mekanismenya adalah dengan menurunkan tegangan permukaan air, sehingga air lebih mudah meresap ke dalam serat pakaian. Akibatnya, kotoran yang sebelumnya sulit larut dalam air biasa menjadi lebih mudah terangkat ketika menggunakan air yang telah dicampur detergen, sehingga hasil cucian menjadi lebih bersih.

2. Kapilaritas

Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair di dalam pipa kapiler, yaitu pipa yang berdiameter sangat kecil. Fenomena ini terjadi karena adanya interaksi gaya kohesi antarpartikel zat cair dan gaya adhesi antara zat cair dengan dinding pipa. Naik atau turunnya zat cair dalam pipa kapiler dipengaruhi oleh tegangan permukaan yang bekerja sepanjang garis pertemuan antara zat cair dan dinding pipa. Besarnya kenaikan atau penurunan permukaan zat cair tersebut dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

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

keterangan:

h : kenaikan/penurunan permukaan fluida dalam pipa (m)

θ : sudut kontak (*derajat*)

r : jari-jari pipa kapiler (m)

ρ : massa jenis fluida (Kg/m^3)

g : percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

3) Viskositas

Viskositas adalah besaran yang menunjukkan tingkat kekentalan suatu fluida, yang berkaitan dengan besar kecilnya gaya gesek internal antar lapisan fluida saat mengalir. Pada fluida ideal (tidak kental), viskositas dianggap nol sehingga tidak ada hambatan antara lapisan-lapisan fluida ketika saling bergeser. Sebaliknya, pada

fluida nyata yang bersifat kental, terdapat gaya gesek internal yang menghambat gerak relatif antar lapisan tersebut. Hubungan gaya gesek dalam fluida dapat dinyatakan dengan persamaan. ada fluida yang bersifat kental, diperlukan gaya luar untuk menggeser satu lapisan fluida terhadap lapisan lainnya. Besar gaya F yang dibutuhkan untuk menggerakkan suatu lapisan fluida dengan kecepatan tetap v , pada luas bidang yang bersentuhan dengan fluida sebesar A , serta berjarak L dari bidang lain yang diam, dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$F = \frac{\eta A \cdot v}{L}$$

Keterangan:

F : gaya yang bekerja (N)

A : luas keping yang bersentuhan dengan fluida (m^2)

v : kelajuan (m/s)

L : jarak antara dua keping (m)

η : koefisien viskositas ($kg \cdot m^{-1}$ atau $Pa \cdot s$)

Nilai koefisien viskositas (η) dipengaruhi oleh suhu. Pada zat cair, kenaikan temperatur menyebabkan viskositas menurun, sedangkan pada gas justru meningkat. Sebaliknya, ketika temperatur menurun, viskositas zat cair bertambah, sementara viskositas gas mengalami penurunan.

➤ Hukum Stokes

Bagaimana pengaruh fluida kental terhadap benda yang bergerak di dalamnya? Ketika suatu benda bergerak dengan kelajuan tertentu dalam fluida yang kental, gerakannya akan mengalami hambatan akibat gaya gesek fluida yang arahnya berlawanan dengan arah gerak benda tersebut. Pada tahun 1845, George Stokes menjelaskan bahwa besar gaya hambat F yang dialami benda berbentuk bola yang bergerak relatif terhadap fluida dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$F_s = 6 \pi \eta r v$$

Keterangan:

F_s : gaya hambatan (N)

r : jari-jari bola (m)

v : kelajuan relatif benda terhadap fluida (m/s)

Persamaan ini dikenal sebagai “Hukum Stokes”

➤ Kecepatan Terminal

Jika suatu benda dijatuhkan bebas ke dalam fluida kental, kecepatannya mula-mula akan bertambah seiring waktu. Namun, setelah mencapai kondisi tertentu, kecepatannya menjadi konstan dan tidak bertambah lagi. Kecepatan maksimum yang tetap tersebut disebut sebagai kecepatan terminal.

$$v_T = \frac{v_b g (\rho_b - \rho_f)}{6 \pi \eta r}$$

Untuk benda berbentuk bola dengan jari-jari r , maka volume benda $v_b = \frac{4}{3} \pi r^3$, sehingga diperoleh persamaan:

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

Keterangan:

v_T : kecepatan terminal (m/s)

r : jari-jari bola (m)



LEMBAR KEJAPESERTA DIDIK TEKANAN HIDROSTATIS

Kelompok :

Nama Anggota : 1.
2.
3.
4.
5.
6.

Kelas :

I. Tujuan

1. Mampu merumuskan masalah yang berkaitan dengan tekanan hidrostatik dari suatu fenomena kompleks menjadi permasalahan yang lebih sederhana dan operasional, kemudian menganalisisnya untuk menentukan solusi berdasarkan konsep yang tepat.

II. Fenomena



Siapa sangka, kapal selam dan kapal laut bisa mengapung atau tenggelam karena dua konsep fisika yang saling berkaitan, yaitu tekanan hidrostatik dan prinsip Archimedes. Saat kapal selam menyelam semakin dalam, tekanan air di sekitarnya makin besar. Tekanan ini disebut tekanan hidrostatik dan bisa dihitung dengan rumus $p = \rho gh$. Artinya, semakin dalam kapal selam berada, semakin besar tekanan yang diterimanya. Karena itu, kapal selam dibuat sangat kuat dan dilengkapi tangki ballast untuk mengatur kedalaman. Selain itu, ada juga prinsip Archimedes yang menjelaskan gaya apung. Rumus gaya apungnya adalah $F_a = \rho g V$. Rumus ini menunjukkan bahwa benda di dalam air akan mendapat gaya ke atas sebesar berat air yang dipindahkannya. Saat tangki ballast diisi udara, berat kapal selam berkurang sehingga gaya apungnya lebih besar dan kapal selam bisa naik ke permukaan. Prinsip yang sama juga berlaku pada kapal laut dan pelampung, sehingga benda-benda tersebut bisa mengapung di air.

III. Rumusan Masalah

- 1) Berdasarkan fenomena tersebut, rumuskanlah permasalahan dalam bentuk pertanyaan yang dapat dijadikan dasar untuk menemukan konsep tekanan hidrostatik!

(Alternatif: Ketika kita menyelam di kolam, mengapa semakin dalam kita menyelam terasa semakin berat dan ditekan?)

VI. Hipotesis

VII. Alat dan Bahan

1. Penggaris
2. Botol air mineral
3. Air
4. Paku
5. Selotip hitam

VIII. Prosedur Percobaan



1. Berilah 4 buah lubang pada botol air mineral secara berurut dari atas ke bawah dengan jarak masing-masing kedalaman 5 cm, 10 cm, 15 cm, dan 20 cm. Tutup setiap lubang dengan selotip hitam. Kemudian, isilah botol tersebut dengan air hingga penuh.
2. Lepaskan selotip pada lubang yang berada pada kedalaman 5 cm dari permukaan air, amati tekanan air yang keluar.
3. Lepaskan selotip pada lubang yang berada pada kedalaman 10 cm dari permukaan air, amati tekanan air yang keluar.
4. Lepaskan selotip pada lubang yang berada pada kedalaman 15 cm dari permukaan air, amati tekanan air yang keluar.

5. Lepaskan selotip pada lubang yang berada pada kedalaman 20 cm dari permukaan air, amati tekanan air yang keluar.
6. Tanpa menggunakan selotip hitam, amati air yang keluar dari keempat kebocoran tersebut, kemudian catat hasil pengamatan ke dalam tabel di bawah ini.

IX. Hasil Pengamatan

No.	Kedalaman	Jauh Pancuran air
1		
2		
3		
4		

X. Analisis Hasil Pengamatan

1. Bagaimana Hubungan antara jauh pancuran air dan tekanan?

2. Bagaimana hubungan antara kedalaman dan tekanan?

3. Tulis hubungan antara massa jenis, percepatan gravitasi dan kedalaman pada tekanan hidrostatik!

XI. Kesimpulan

XII. Aplikasi Konsep dalam Pemecahan Masalah

1. Aldi dan Rian mempunyai hobi yang sama, yaitu berenang. Suatu hari, Aldi berlatih renang di laut sedangkan Rian berlatih di sungai dekat rumahnya.

Keduanya menyelam hingga mencapai kedalaman yang sama dari permukaan air. Menurut pendapatmu, siapa yang akan merasakan tekanan air yang lebih besar? Jelaskan alasanmu berdasarkan konsep tekanan hidrostatik!



LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

HUKUM ARCHIMEDES

Kelompok :

Nama Anggota : 1.

2.

3.

4.

5.

6.

Kelas :

I. Tujuan

1. Menganalisis prinsip-prinsip Archimedes dalam berbagai situasi untuk menyelesaikan masalah.

II. Fenomena



Siapa sangka, kapal selam dan kapal laut bisa mengapung atau tenggelam karena dua konsep fisika yang saling berkaitan, yaitu tekanan hidrostatik dan prinsip Archimedes. Saat kapal selam menyelam semakin dalam, tekanan air di sekitarnya makin besar. Tekanan ini disebut tekanan hidrostatik dan bisa dihitung dengan rumus $p = \rho gh$. Artinya, semakin dalam kapal selam berada, semakin besar tekanan yang diterimanya. Karena itu, kapal selam dibuat sangat kuat dan dilengkapi tangki ballast untuk mengatur kedalaman. Selain itu, ada juga prinsip Archimedes yang menjelaskan gaya apung. Rumus gaya apungnya adalah $F_a = \rho g V$. Rumus ini menunjukkan bahwa benda di dalam air akan mendapat gaya ke atas sebesar berat air yang dipindahkannya. Saat tangki ballast diisi udara, berat kapal selam berkurang sehingga gaya apungnya lebih besar dan kapal selam bisa naik ke permukaan. Prinsip yang sama juga berlaku pada kapal laut dan pelampung, sehingga benda-benda tersebut bisa mengapung di air.

III. Rumusan Masalah

1. Berdasarkan fenomena yang disajikan, rumuskanlah permasalahan dalam bentuk pertanyaan yang berkaitan dengan prinsip Hukum Archimedes!
(Alternatif: Mengapa kapal laut yang terbuat dari besi atau logam dapat mengapung di permukaan air, sedangkan logam padat yang dicelupkan ke dalam air justru tenggelam?)

IV. Hipotesis

V. Alat dan bahan:

1. Botol berisi air
2. Telur
3. Garam

VI. Cara Kerja:

1. Masukkan telur ke dalam botol yang berisi air, amati keadaan telur, dan catat hasil pengamatan pada tabel.
2. Masukkan garam sedikit demi sedikit ke dalam air, aduk perlahan hingga telur mengapung di tengah-tengah air. Catat perubahan yang terjadi pada tabel pengamatan.
3. Tambahkan lebih banyak garam ke dalam air dan aduk perlahan hingga telur mengapung di permukaan air. Catat kembali keadaan telur pada tabel pengamatan.
4. Lakukan praktikum dengan hati-hati agar tidak membasahi meja atau buku pelajaran!

VII. Hasil Pengamatan

Jenis Fluida (*Fluid Density*) (*water*) = _____ kg/m^3

No.	Keadaan Sebelum Garam dimasukkan	Garam yang dimasukkan	Keadaan Setelah dimasukkan Garam
1			
2			
3			

VIII. Analisis Hasil Pengamatan

1. Bagaimana keadaan telur sebelum dimasukkan garam dan sesudah dimasukkan garam?

2. Apa yang menyebabkan terjadinya perbedaan keadaan telur dalam kegiatan pengamatan tersebut? Jelaskan!

3. Apa fungsi garam pada percobaan yang kamu lakukan?

IX. Kesimpulan

X. Aplikasi Konsep dalam Pemecahan Masalah

1. Di suatu pagi saat pelajaran Fisika, siswa diminta melakukan percobaan sederhana menggunakan telur dan beberapa gelas berisi air. Guru kemudian menambahkan garam dengan jumlah berbeda pada tiap gelas, seperti gambar di samping. Dari percobaan tersebut diketahui bahwa: Gelas 1 adalah murni air tawar;



Gelas 2 diberi 1 sendok garam; Gelas 3 diberi 2 sendok garam; Gelas 4 diberi 3 sendok garam.

Bagaimana air garam dapat mempengaruhi keadaan keempat telur tersebut? berikan pendapat Anda sesuai dengan hukum Archimedes!



LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK HUKUM PASCAL

Kelompok :

Nama Anggota : 1.
2.
3.
4.
5.

Kelas :

I. Tujuan

1. Menganalisis penerapan prinsip Hukum Pascal dalam berbagai situasi untuk menyelesaikan masalah.

II. Fenomena



Tau nggak sih?, Hukum Pascal itu salah satu prinsip fisika yang sering kita temui di kehidupan sehari-hari, salah satunya pada dongkrak hidrolik. Hukum ini menjelaskan bahwa tekanan yang diberikan pada cairan di dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama. Prinsip ini dimanfaatkan pada dongkrak hidrolik untuk mengangkat benda yang berat. Saat kita menekan piston yang kecil, tekanan tersebut langsung diteruskan ke piston yang lebih besar. Walaupun dorongan awalnya kecil, piston besar bisa menghasilkan gaya yang jauh lebih besar sehingga beban berat, seperti mobil, dapat terangkat dengan mudah. Hal ini menunjukkan betapa besar pengaruh tekanan yang diteruskan melalui cairan.

III. Rumusan Masalah

1. Berdasarkan fenomena yang disajikan, rumuskanlah permasalahan dalam bentuk pertanyaan yang berkaitan dengan prinsip Hukum Pascal!

(Alternatif: Pada penggunaan dongkrak hidrolik, apakah untuk mengangkat mobil diperlukan beban yang massanya sama atau lebih besar dari massa mobil?)

VI. Hipotesis

VII. Alat dan Bahan

1. Suntikan besar
2. Suntikan kecil
3. Selang bening
4. Lem/lakban
5. Air
6. Pewarna
7. Lembar kerja
8. Alat tulis

VIII. Prosedur Percobaan

1. Siapkan semua alat dan bahan yang digunakan untuk melaksanakan praktikum.
2. Hubungkan kedua suntikan dengan selang, pastikan tidak terdapat celah untuk menghindari kebocoran.
3. Campurkan air dengan pewarna kemudian masukkan air ke suntikan dan selang.
4. Tekan suntikan kecil kemudian amati dan rasakan apa yang terjadi pada suntikan besar, catat hasil yang diperoleh pada Tabel 1.
5. Tekan suntikan besar kemudian amati dan rasakan apa yang terjadi pada suntikan kecil, catat hasil yang diperoleh pada Tabel 1.

IX. Hasil Percobaan

Gaya yang diberikan	Hal yang dirasakan	Keadaan suntikan lainnya
Dorongan pada suntikan kecil		

Gaya yang diberikan	Hal yang dirasakan	Keadaan suntikan lainnya
Dorongan pada suntikan besar		

X. Analisis Hasil Pengamatan

1. Berdasarkan data hasil percobaan pada Tabel 1, interpretasikan hasil yang kalian peroleh berdasarkan konsep Hukum Pascal? Jelaskan!

2. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan apa yang terjadi jika terdapat kebocoran fluida pada sistem? Apakah akan mempengaruhi besar gaya yang harus diberikan pada satu suntikan untuk mengangkat suntikan lainnya?

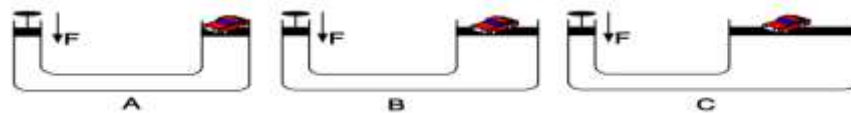
XI. Kesimpulan

XII. Aplikasi Konsep dalam Pemecahan Masalah

1. Seorang montir di bengkel perlu menaikkan posisi sebuah mobil agar ia lebih mudah melakukan perbaikan pada bagian bawah kendaraan. Mobil tersebut memiliki berat sekitar 100 kali lebih besar daripada gaya maksimal yang dapat diberikan montir pada piston kecil dongkrak hidrolik. Untuk memastikan dongkrak dapat bekerja dengan aman dan efektif, berapakah

perbandingan minimal luas penampang piston besar terhadap piston kecil yang harus digunakan pada dongkrak hidrolik tersebut?

2. Perhatikan tiga rancangan alat hidrolik berbentuk bejana U seperti yang tampak pada gambar di bawah ini!



Ketiga bejana U tersebut berisi jenis cairan yang sama, dan masing-masing digunakan untuk mengangkat beban dengan massa yang sama. Menurut pendapatmu, bejana U manakah yang harus digunakan agar tenaga yang digunakan untuk mengangkat beban tidak terkuras banyak? Jelaskan!



LEMBAR KEJA PESERTA DIDIK
TEGANGAN PERMUKAAN & VISKOSITAS

Kelompok :

Nama Anggota : 1.
 2.
 3.
 4.
 5.
 6.

Kelas :

I. Tujuan

- 1) Menganalisis prinsip tekanan hidrostatik dalam berbagai situasi untuk menyelesaikan masalah.
- 2) Menganalisis prinsip-prinsip Archimedes dalam berbagai situasi untuk menyelesaikan masalah.

II. Fenomena



Fenomena tegangan permukaan dan viskositas sebenarnya sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, meskipun tidak selalu kita sadari. Salah satu contohnya dapat diamati setelah hujan, ketika tetesan air terlihat menempel di permukaan daun dan tidak langsung meresap, melainkan membentuk bulatan kecil. Hal ini terjadi akibat adanya tegangan permukaan, yaitu gaya tarik-menarik antarmolekul air di bagian permukaannya yang menyebabkan tetesan air tetap menyatu. Contoh lain dapat dilihat saat menuangkan madu atau sirup. Kedua cairan tersebut mengalir lebih lambat dibandingkan air karena memiliki viskositas yang lebih tinggi. Viskositas merupakan ukuran kekentalan suatu cairan yang memengaruhi kemudahan cairan tersebut untuk mengalir. Madu yang lebih kental memiliki viskositas tinggi, sedangkan air memiliki viskositas rendah sehingga dapat mengalir lebih cepat. Kedua fenomena ini menunjukkan bahwa perilaku zat cair dipengaruhi oleh sifat fisik yang dimilikinya.

III. Rumusan Masalah

- 1) Berdasarkan fenomena yang disajikan, rumuskanlah permasalahan dalam bentuk pertanyaan yang berkaitan dengan konsep tegangan permukaan!
(Alternatif: Mengapa jarum atau pisau kecil bisa mengapung di atas air jika diletakkan dengan hati-hati?)
- 2) Berdasarkan fenomena yang disajikan, rumuskanlah permasalahan dalam bentuk pertanyaan yang berkaitan dengan konsep viskositas zat cair!
(Alternatif: Mengapa madu mengalir lebih lambat dibandingkan air ketika dituangkan?)

IV. Hipotesis

V. Prosedur Percobaan

➤ Aktivitas 1

Alat dan bahan

1. Gelas transparan
2. Air
3. Klip kertas

Langkah-langkah

1. Isi gelas dengan air hingga hampir penuh.
2. Amati permukaan air, perhatikan permukaan yang sedikit menonjol (surface tension).
3. Letakkan klip kertas dengan hati-hati di permukaan air, perhatikan apakah klip tetap mengapung.
4. Tambahkan sedikit air lagi menggunakan pipet, amati apakah permukaan air naik lebih tinggi dan klip tetap mengapung.
5. Tambahkan lebih banyak klip dan amati kapan klip mulai tenggelam.

➤ Aktivitas 2

Alat dan bahan

1. Gelas transparan
2. Air, minyak, sabun

3. Stopwatch

4. Koin

Langkah-langkah

1. Masukkan cairan (air, minyak, sabun) ke dalam gelas terpisah.
2. Masukkan koin ke dalam cairan.
3. Ulangi langkah di atas untuk setiap cairan.
4. Catat hasil waktu untuk setiap cairan.

VI. Hasil Pengamatan

➤ Aktivitas 1

No.	Banyak Klip	Keadaan
1		
2		
3		

➤ Aktivitas 2

No.	Cairan	Waktu Mengalir
1	Air	
2	Minyak	
3	Sabun	

VII. Analisis Hasil Pengamatan

➤ Aktivitas 1

1. Apa yang terjadi pada klip ketika diletakkan di permukaan air? Jelaskan! Mengapa klip dapat mengapung meskipun lebih berat dari air?

2. Jika menggunakan cairan lain selain air, seperti minyak, apakah klip akan tetap mengapung? Apa yang membedakan surface tension pada air dan cairan lainnya?

➤ Aktivitas 2

1. Mana di antara cairan yang mengalir paling cepat? Mengapa demikian?

2. Cairan mana yang mengalir paling lambat? Apa yang menyebabkan hal tersebut?

3. Apa yang dimaksud dengan viskositas, dan bagaimana viskositas mempengaruhi aliran cairan?

4. Bima melakukan percobaan untuk membandingkan kekentalan beberapa jenis cairan. Ia menyiapkan tiga gelas ukur berisi cairan berbeda dengan volume yang sama. Dari permukaan cairan, Bima menjatuhkan sebuah baut kecil dan mengukur waktu yang dibutuhkan baut untuk mencapai dasar gelas. Setelah melakukan tiga kali percobaan, ia mencatat hasilnya sebagai berikut:

No.	Jenis cairan	Waktu tempuh
1	Cairan A	4,2
2	Cairan B	7,8
3	Cairan C	5,1

Berdasarkan hasil tersebut, cairan manakah yang memiliki viskositas paling tinggi? Jelaskan alasannya!

VIII. Kesimpulan

GLOSARIUM

- Fluida Statis** : Zat yang dapat mengalir serta hanya sedikit menahan perubahan bentuk ketika diberi tekanan, tetapi berada dalam keadaan diam (tidak mengalir).
- Tekanan** : Besar gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu permukaan tiap satuan luas. Satuan SI: Pascal (Pa).
- Tekanan Hidrostatik** : Tekanan yang timbul akibat berat zat cair pada suatu titik di dalamnya. Nilainya bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman.
- Massa Jenis** : Perbandingan antara massa suatu benda dengan volumenya.
- Hukum Archimedes** : Benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan.
- Gaya Apung** : Gaya angkat ke atas yang dialami benda saat berada di dalam fluida, sesuai dengan prinsip Archimedes.
- Hukum Pascal** : Tekanan yang diberikan pada fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah.
- Tegangan Permukaan** : Gaya per satuan panjang yang bekerja sejajar dengan permukaan fluida, menyebabkan permukaan fluida seolah-olah bersifat elastis.
- Kapilaritas** : Peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair di dalam pipa kapiler (pipa berdiameter kecil) akibat pengaruh tegangan permukaan serta gaya adhesi antara zat cair dan dinding pipa.
- Viskositas** : Ukuran kekentalan fluida yang menunjukkan tingkat hambatan fluida terhadap aliran.

Semakin besar viskositas, semakin sulit fluida mengalir.

- Gaya Kohesi** : Gaya tarik-menarik antar molekul yang sejenis.
- Gaya Adhesi** : Gaya tarik-menarik antara molekul-molekul yang berbeda jenis.



DAFTAR PUSTAKA

- Oktaviana, D. (2024). *Bahan Ajar Fisika: FLuida Statis*. Diambil kembali dari https://static.perangkat-ajar.belajar.id/9577__BAHAN_AJAR_FISIKA_FLUIDA_STATIS_DEWI_OKTAVIANA.pdf
- Kusrini. (2020). *Modul Pembelajaran SMA Fisika: Fluida Statis Kelas XI*. Diambil kembali dari https://repositori.kemendikdasmen.go.id/22209/1/XI_Fisika_KD-3.3-_Final.pdf
- Nurachamandani, S. (2009). *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Grahadi.



Lampiran 3.3 Modul Ajar Kelas Kontrol (Model DI) dan Lembar Kerja Peserta Didik



MODUL AJAR *DEEP LEARNING*

FLUIDA STATIS

A. Identitas Modul

Nama Sekolah	: SMA Negeri 1 Singaraja
Nama Penyusun	: Pande Made Laksmi Puja Rastiti
Mata Pelajaran	: Fisika
Kelas/Fase/Semester	: XI/F/Genap
Alokasi Waktu	: 10×45 menit (4 Pertemuan)
Tahun Pelajaran	: 2025/2026

B. Identifikasi Persiapan Peserta Didik

Peserta didik pada umumnya telah memiliki pengetahuan dasar tentang materi dan wujud zat dari jenjang SMP atau kelas X, termasuk konsep massa, volume, dan kepadatan. Mereka mungkin sudah pernah mengamati fenomena terkait fluida dalam kehidupan sehari-hari seperti kapal mengapung, benda tenggelam, atau air mengalir. Pengetahuan dasar tentang gaya dan tekanan juga sudah dimiliki. Keterampilan yang sudah dimiliki meliputi melakukan pengukuran dasar, mencatat data, dan melakukan perhitungan sederhana. Pemahaman mereka tentang prinsip-prinsip fisika di balik fenomena fluida masih perlu diperdalam. Asesmen awal akan membantu memetakan sejauh mana pemahaman ini.

C. Karakteristik Materi Pembelajaran

Materi "Fluida Statis" adalah jenis pengetahuan konseptual, prosedural, dan faktual. Peserta didik akan memahami sifat-sifat fluida (cair dan gas), konsep tekanan, hukum-hukum dasar fluida statis (Hukum Archimedes, Hukum Pascal). Relevansi materi sangat tinggi dengan kehidupan nyata karena aplikasi fluida ditemukan di mana-mana, mulai dari sistem hidrolik kendaraan, alat ukur tekanan darah, prinsip kerja pesawat terbang, hingga sistem perpipaan di rumah. Tingkat kesulitan materi dianggap sedang hingga tinggi, karena melibatkan konsep abstrak seperti tekanan, gaya apung, serta perhitungan matematis yang membutuhkan pemahaman vektor dan aljabar. Struktur materi fluida statis meliputi massa jenis, tekanan hidrostatis, Hukum Pascal, Hukum Archimedes,

dan sifat antarmuka fluida. Integrasi nilai dan karakter akan ditekankan pada ketelitian dalam pengukuran dan perhitungan, berpikir kritis dalam menganalisis fenomena fisika, kolaborasi dalam eksperimen, serta rasa syukur terhadap hukum-hukum alam yang kompleks.

D. Dimensi Profil Lulusan Pembelajaran

Dalam pembelajaran materi Fluida Statis ini, dimensi profil lulusan yang akan dicapai adalah:

- **Penalaran Kritis:** Peserta didik akan dilatih untuk menganalisis fenomena fluida, menerapkan prinsip-prinsip fisika untuk memecahkan masalah, dan mengevaluasi asumsi dalam perhitungan.
- **Kreativitas:** Peserta didik akan didorong untuk merancang eksperimen, membuat model sederhana, atau menemukan solusi inovatif untuk masalah terkait fluida.
- **Kolaborasi:** Peserta didik akan bekerja sama dalam kelompok untuk melakukan percobaan, menganalisis data, dan mempresentasikan temuan mereka.
- **Kemandirian:** Peserta didik akan didorong untuk mandiri dalam mencari informasi tambahan, menguji hipotesis, dan mengatasi tantangan dalam eksperimen fluida.

DESAIN PEMBELAJARAN

A. Capaian Pembelajaran (CP) Nomor: 46 Tahun 2025

Pada akhir fase F, peserta didik mampu menganalisis dan menerapkan konsep fluida statis, termasuk tekanan, gaya apung, prinsip Pascal, prinsip Archimedes, dalam berbagai konteks nyata.

B. Lintas Ilmu Disiplin yang Relevan

- **Matematika:** Penggunaan konsep persamaan, aljabar, perbandingan, dan geometri untuk perhitungan dalam fluida.
- **Kimia:** Konsep kerapatan zat, sifat-sifat molekuler cairan dan gas.
- **Biologi:** Aplikasi fluida dalam sistem peredaran darah, pernapasan, dan tekanan osmotik.

- Teknik (Mesin, Sipil): Prinsip dasar hidrolik, aerodinamika, dan hidrodinamika yang digunakan dalam rekayasa.

C. Tujuan Pembelajaran

Pertemuan 1: Menganalisis Konsep Tekanan dan Fluida Statis

- Peserta didik mampu menganalisis hubungan antara massa jenis, kedalaman dan tekanan hidrostatik berdasarkan demonstrasi sederhana.
- Peserta didik mampu menginterpretasikan data atau fenomena tekanan hidrostatik pada kedalaman tertentu dalam fluida homogen.

Pertemuan 2 dan 3 : Menganalisis dan Mengevaluasi Hukum Pascal dan Hukum Archimedes

- Peserta didik mampu menganalisis prinsip Hukum Pascal dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari (misalnya, dongkrak hidrolik) setelah simulasi atau demonstrasi.
- Peserta didik mampu menganalisis hubungan antara massa jenis fluida, volume benda tercelup, dan gaya apung berdasarkan Hukum Archimedes, kemudian menginterpretasikan kondisi benda (terapung, melayang, tenggelam).

Pertemuan 3: Melakukan Eksperimen Gaya Apung dan Menganalisis Faktor yang Memengaruhi

- Peserta didik mampu merancang dan melakukan eksperimen sederhana untuk membuktikan Hukum Archimedes dengan cermat.
- Peserta didik mampu menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi gaya apung pada suatu benda (massa jenis fluida, volume benda yang tercelup) berdasarkan hasil eksperimen.

Pertemuan 4: Memahami Konsep Tekanan dan Viskositas

- Peserta didik mampu mengevaluasi fenomena dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan tegangan permukaan.
- Peserta didik mampu menganalisis fenomena kapilaritas pada berbagai cairan dan bahan berpori.
- Peserta didik mampu mengevaluasi hasil eksperimen tentang viskositas suatu cairan.

D. Topik Pembelajaran Kontekstual

Topik pembelajaran akan berfokus pada aplikasi nyata dari konsep fluida, seperti:

- "Mengapa kapal laut yang besar bisa mengapung, sedangkan batu kecil tenggelam?"
- "Bagaimana rem hidrolik pada kendaraan bekerja?"
- "Mengapa air di selang menyembrot lebih jauh saat ujungnya diperkecil?"
- "Bagaimana pesawat terbang bisa terangkat ke udara?"
- "Mengapa saat menyelam di laut dalam, telinga terasa sakit?"

E. Kerangka Pembelajaran

Praktik Pedagogik:

- Model Pembelajaran *Problem Based Learning*:
- Diskusi Kelompok:
- Eksplorasi Lapangan:

Mitra Pembelajaran

- Lingkungan Sekolah:

Lingkungan Belajar

- Ruang Fisika: Laboratorium Fisika dengan peralatan eksperimen fluida (bejana berhubungan, hidrometer, dongkrak hidrolik sederhana, pipa dengan berbagai penampang), kelas dengan proyektor/layar interaktif, ruang diskusi kelompok yang fleksibel.
- Ruang Virtual: video animasi tentang prinsip fluida, dan *platform* LMS (*Google Classroom*) untuk berbagi materi, pengumpulan tugas, dan diskusi.
- Budaya Belajar: Mendorong budaya belajar berbasis masalah, pemecahan masalah, dan penemuan. Menciptakan lingkungan di mana peserta didik merasa aman untuk bereksperimen, membuat hipotesis, dan belajar dari hasil percobaan. Membangun rasa ingin tahu yang kuat tentang fenomena fisika di sekitar mereka.

Pemanfaatan Digital:

- Sumber *Online*: Mengarahkan peserta didik untuk mencari referensi, tutorial, dan berita terbaru tentang aplikasi fluida dari sumber terpercaya.
- Forum Diskusi Daring: Menggunakan fitur forum di *Google Classroom* atau *platform* lain untuk diskusi teknis, tanya jawab, atau berbagi penemuan terkait materi.

F. Langkah-langkah Pembelajaran

1. PERTEMUAN I

Alokasi Waktu : (2 JP) 2×45 menit

Materi : Tekanan Hidrostatik

Model Pembelajaran : *Direct Instruction*

Kegiatan	Deskripsi	Waktu
Pendahuluan	• Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. • Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran. • Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. • Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.	3 menit
Inti	Menyampaikan tujuan pembelajaran 1) Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Tekanan Hidrostatik. 2) Guru memotivasi siswa untuk tercapainya kompetensi sesuai materi tekanan hidrostatik dan karakter yang sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila.	80 menit
	Mengkaji kembali keterampilan awal siswa 1) Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. 2) Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: “Ketika kita menyelam di kolam berenang atau di sungai, semakin kita menyelam mendekati dasar kolam, telinga kita akan terasa semakin tertekan, mengapa hal itu bisa terjadi?” 3) Guru memberikan satu buah soal sebagai tes awal.	

Kegiatan	Deskripsi	Waktu
Menyampaikan materi pelajaran	1) Guru menjelaskan materi Tekanan Hidrostatik kepada siswa. 2) Guru mendemonstrasikan fenomena-fenomena Tekanan Hidrostatik dalam kehidupan sehari-hari.	
Melaksanakan bimbingan	1) Guru menanyakan kepada siswa terkait materi yang belum dipahami. 2) Guru menjelaskan ulang terkait materi-materi yang belum dipahami oleh siswa. 3) Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan untuk menilai tingkat pemahaman siswa.	
Memberikan siswa berlatih	1) Guru memberi kesempatan kepada siswa secara mandiri atau berkelompok untuk melatih pemahaman konsep melalui latihan soal Tekanan Hidrostatik dan Hukum Archimedes. 2) Guru membantu siswa jika terdapat kendala dalam penyelesaian soal.	
Menilai hasil kerja siswa	1) Guru menilai dan memberikan evaluasi terkait latihan soal yang telah dikerjakan siswa. 2) Guru mengajak siswa untuk menyimpulkan materi yang dipelajari hari ini.	
Penutup	• Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. • Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. • Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. • Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. • Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. • Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. • Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.	7 menit

2. PERTEMUAN II

Alokasi Waktu : (2 JP) 2 × 45 menit

Materi : Hukum Archimedes

Model Pembelajaran: *Direct Instruction*

Kegiatan	Deskripsi	Waktu
Pendahuluan	• Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. • Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran.	3 menit

	- Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. - Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.		
Inti	Menyampaikan tujuan pembelajaran	1) Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Hukum Archimedes. 2) Guru memotivasi siswa untuk tercapainya kompetensi sesuai materi tekanan hidrostatis dan karakter yang sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila.	80 menit
	Mengkaji kembali keterampilan awal siswa	1) Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. 2) Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: “ketika kita melempar batu ke sungai batu itu akan tenggelam, tapi mengapa kapal laut yang lebih berat dari batu bisa mengapung?” 3) Guru memberikan satu buah soal sebagai tes awal.	
	Menyampaikan materi pelajaran	1) Guru menjelaskan materi Tekanan Hidrostatis kepada siswa. 2) Guru mendemonstrasikan fenomena-fenomena Tekanan Hidrostatis dalam kehidupan sehari-hari.	
	Melaksanakan bimbingan	1) Guru menanyakan kepada siswa terkait materi yang belum dipahami. 2) Guru menjelaskan ulang terkait materi-materi yang belum dipahami oleh siswa. 3) Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan untuk menilai tingkat pemahaman siswa.	
	Memberikan siswa berlatih	1) Guru memberi kesempatan kepada siswa secara mandiri atau berkelompok untuk melatih pemahaman konsep melalui latihan soal Tekanan Hidrostatis dan Hukum Archimedes. 2) Guru membantu siswa jika terdapat kendala dalam penyelesaian soal.	
	Menilai hasil kerja siswa	1) Guru menilai dan memberikan evaluasi terkait latihan soal yang telah dikerjakan siswa.	

		2) Guru mengajak siswa untuk menyimpulkan materi yang dipelajari hari ini.	
Penutup	- Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. - Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. - Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. - Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. - Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. - Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. - Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.		7 menit

3. PERTEMUAN III

Alokasi Waktu : (2 JP) 2 × 45 menit

Materi : Hukum Pascal

Model Pembelajaran: *Direct Instruction*

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
Pendahuluan	- Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. - Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran. - Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. - Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.		3 menit
Inti	Menyampaikan tujuan pembelajaran	1) Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Hukum Pascal. 2) Guru memotivasi siswa untuk tercapainya kompetensi sesuai materi tekanan hidrostatik dan karakter yang sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila.	80 menit
	Mengkaji kembali keterampilan awal siswa	1) Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. 2) Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: “saat kita pergi ke bengkel untuk mencuci mobil, kita melihat bahwa mobil itu dapat terangkat hanya dengan menekan	

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
		sebuah tuas kecil pada dongkrak hidrolik, mengapa hal itu bisa terjadi?" 3) Guru memberikan satu buah soal sebagai tes awal.	
	Menyampaikan materi pelajaran	1) Guru menjelaskan materi Tekanan Hidrostatik kepada siswa. 2) Guru mendemonstrasikan fenomena-fenomena Hukum Pascal dalam kehidupan sehari-hari.	
	Melaksanakan bimbingan	1) Guru menanyakan kepada siswa terkait materi yang belum dipahami. 2) Guru menjelaskan ulang terkait materi-materi yang belum dipahami oleh siswa. 3) Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan untuk menilai tingkat pemahaman siswa.	
	Memberikan siswa berlatih	1) Guru memberi kesempatan kepada siswa secara mandiri atau berkelompok untuk melatih pemahaman konsep melalui latihan soal Hukum Pascal. 2) Guru membantu siswa jika terdapat kendala dalam penyelesaian soal.	
	Menilai hasil kerja siswa	1) Guru menilai dan memberikan evaluasi terkait latihan soal yang telah dikerjakan siswa. 2) Guru mengajak siswa untuk menyimpulkan materi yang dipelajari hari ini.	
Penutup	- Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. - Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. - Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. - Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. - Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. - Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. - Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.		7 menit

4. PERTEMUAN IV

Alokasi Waktu : (2 JP) 2 × 45 menit

Materi : Sifat Antarmuka Fluida

Model Pembelajaran: *Direct Instruction*

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
Pendahuluan	- Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam. - Guru mengajak siswa untuk berdoa sebelum kegiatan pembelajaran. - Guru mengecek kehadiran peserta didik serta memastikan kebersihan dan kerapian kelas sebelum pembelajaran berlangsung. - Guru memberikan apresiasi guna menggali pengetahuan prasyarat siswa terhadap materi yang akan dipelajari.		3 menit
Inti	Menyampaikan tujuan pembelajaran	- Guru menyampaikan tujuan utama pembelajaran pada pertemuan ini, yaitu Sifat antarmuka Fluida (Tegangan permukaan, Kapilaritas, Viskositas). - Guru memotivasi siswa untuk tercapainya kompetensi sesuai materi tekanan hidrostatik dan karakter yang sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila.	80 menit
	Mengkaji kembali keterampilan awal siswa	- Guru mengajak siswa untuk mengulas kembali materi sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan dipelajari. - Guru melakukan kegiatan apresiasi untuk menggali dan mengetahui pengetahuan awal siswa terkait materi pembelajaran. Misalnya: “saat kita pergi ke sawah, kita dapat melihat serangga yang bisa berdiri di atas permukaan air, bahkan serangga tersebut bisa berjalan di atas permukaan air, mengapa bisa seperti itu?” - Guru memberikan satu buah soal sebagai tes awal.	
	Menyampaikan materi pelajaran	- Guru menjelaskan materi Tekanan Hidrostatik kepada siswa. - Guru mendemonstrasikan fenomena-fenomena Sifat antarmuka fluida dalam kehidupan sehari-hari.	
	Melaksanakan bimbingan	- Guru menanyakan kepada siswa terkait materi yang belum dipahami. - Guru menjelaskan ulang terkait materi-materi yang belum dipahami oleh siswa. - Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan untuk menilai tingkat pemahaman siswa.	
	Memberikan siswa berlatih	- Guru memberi kesempatan kepada siswa secara mandiri atau berkelompok untuk melatih pemahaman konsep melalui latihan soal Sifat antarmuka fluida. - Guru membantu siswa jika terdapat kendala dalam penyelesaian soal.	

Kegiatan	Deskripsi		Waktu
	Menilai hasil kerja siswa	1) Guru menilai dan memberikan evaluasi terkait latihan soal yang telah dikerjakan siswa. 2) Guru mengajak siswa untuk menyimpulkan materi yang dipelajari hari ini.	
Penutup	- Guru bersama siswa menyimpulkan materi pembelajaran hari ini. - Guru memberikan umpan balik terhadap keaktifan dan hasil kerja siswa. - Guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. - Guru memberikan penugasan sebagai tindak lanjut untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap materi. - Guru memberikan apresiasi atas partisipasi dan kinerja siswa. - Guru menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya. - Guru mengakhiri pertemuan hari ini dengan doa dan salam penutup.		7 menit

G. Asesmen Pembelajaran

Asesmen Awal Pembelajaran

- **Observasi:** Guru mengamati partisipasi dan interaksi siswa selama sesi apresiasi dan diskusi awal untuk mendapatkan gambaran awal tentang pemahaman dan kepercayaan diri mereka dalam topik fluida.
- **Tes Diagnostik:** Tes tertulis berupa soal uraian untuk menguji pemahaman awal terkait fluida statis

Asesmen Proses Pembelajaran

- **Tugas Harian:** Observasi dan penilaian terhadap partisipasi dalam diskusi kelompok.
- **Diskusi Kelompok:** Penilaian rubrik terhadap kemampuan kolaborasi, penyampaian ide, menganalisis masalah, dan memberikan solusi dalam diskusi tentang prinsip fluida statis.
- **Laporan Eksperimen (LKPD):** Penilaian rubrik terhadap kemampuan merancang, melaksanakan, menganalisis, dan menyimpulkan hasil eksperimen.

Asesmen Akhir Pembelajaran

- **Tes Sumatif:** Tes tertulis berupa soal uraian terkait materi fluida statis.

Materi Ajar

Fluida merupakan zat yang memiliki kemampuan untuk mengalir serta tidak mampu mempertahankan bentuknya ketika dikenai tekanan, karena hanya memberikan hambatan yang sangat kecil terhadap perubahan bentuk. Oleh sebab itu, fluida sering disebut sebagai zat alir. Contoh dari fluida adalah zat cair dan zat gas. Cabang fisika yang secara khusus membahas perilaku fluida dikenal sebagai mekanika fluida. Cabang ilmu ini terbagi menjadi dua, yaitu fluida Statis atau hidrostatis yang merupakan cabang ilmu fisika yang mempelajari tentang fluida yang diam atau tidak bergerak, dan fluida Dinamis atau hidrodinamika, yakni cabang ilmu fisika yang mempelajari fluida yang bergerak. Modul ini akan berfokus ke materi fluida statis.

1. Tekanan Hidrostatik

Pada prinsipnya, setiap fluida akan menimbulkan tekanan pada permukaan yang bersentuhan dengannya. Tekanan dapat diartikan sebagai besarnya gaya yang bekerja tegak lurus terhadap suatu permukaan dibagi dengan luas permukaan tersebut. Permukaan yang menerima gaya dinamakan bidang tekan, sedangkan gaya yang bekerja pada bidang tersebut disebut gaya tekan. Secara matematis, hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A}$$

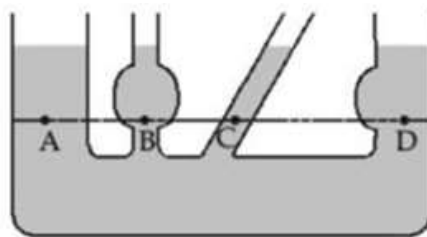
Keterangan:

P : tekanan (Nm^{-2} , Pa)

F : gaya (N)

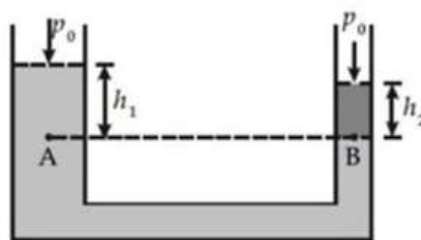
A : luas bidang (m^2)

Hukum dasar hidrostatis menyatakan bahwa setiap titik yang berada pada satu bidang datar di dalam zat cair sejenis memiliki besar tekanan yang sama. Perhatikan ilustrasi berikut untuk memahami konsep tersebut.



Gambar 14 Bejana berhubungan dengan bentuk tabung berbeda
(Sumber: materikimia.com)

Pada ilustrasi tersebut terlihat sebuah bejana berhubungan yang diisi oleh fluida. Tinggi permukaan fluida pada masing-masing tabung tampak sama, meskipun bentuk setiap tabung berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan bentuk wadah tidak memengaruhi besar tekanan pada titik-titik yang berada pada kedalaman yang sama. Dengan demikian, tekanan di titik A, B, C, dan D bernilai sama. Persamaan Hukum Utama Hidrostatis dapat kita turunkan dengan memperhatikan gambar berikut:



Gambar 15 Bejana berhubungan dengan bentuk tabung sama
(Sumber: materikimia.com)

Sebagai contoh, pada sebuah bejana berhubungan dimasukkan dua jenis fluida yang memiliki massa jenis berbeda, masing-masing ρ_1 dan ρ_2 . Jika pengukuran dilakukan dari batas terendah kedua fluida, yaitu pada titik A dan titik B, diketahui bahwa fluida pertama memiliki tinggi h_1 dan fluida kedua memiliki tinggi h_2 . Berdasarkan persamaan tekanan hidrostatik, besar tekanan pada titik A dan titik B dipengaruhi oleh massa jenis masing-masing fluida serta tinggi kolom fluida di dalam tabung. Secara matematis dapat dirumuskan:

$$p_A = p_B$$

$$p_0 + \rho_1 g h_1 = p_0 + \rho_2 g h_2$$

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

Keterangan:

h_1 : jarak titik A terhadap permukaan fluida 1 (m)

h_2 : jarak titik B terhadap permukaan fluida 2 (m)

ρ_1 : massa jenis fluida 1 (kg/m^3)

ρ_2 : massa jenis fluida 2 (kg/m^3)

Tekanan dalam zat cair dipengaruhi oleh kedalamannya. Semakin dalam suatu titik berada di dalam zat cair, semakin besar tekanan yang dialami pada titik tersebut. Hal ini terjadi karena gaya gravitasi menarik seluruh bagian zat cair ke arah bawah. Jika tinggi kolom zat cair dalam suatu wadah semakin besar, maka

berat zat cair tersebut juga bertambah, sehingga tekanan yang diberikan pada dasar wadah menjadi semakin besar. Tekanan yang timbul semata-mata akibat berat zat cair ini disebut sebagai tekanan hidrostatik. tekanan hidrostatik (P) zat cair dengan massa jenis (ρ) pada kedalaman h dirumuskan dengan:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan:

P_h : tekanan hidrostatik (Nm^{-2}, Pa)

ρ : massa jenis zat cair (kg/m^3)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

h : kedalaman dari permukaan zat cair (m)

Selain dipengaruhi oleh kedalaman, tekanan pada suatu titik di dalam zat cair juga dipengaruhi oleh tekanan atmosfer yang bekerja pada permukaan zat cair tersebut. Oleh karena itu, tekanan total pada kedalaman tertentu merupakan hasil penjumlahan antara tekanan hidrostatik dan tekanan atmosfer. Secara matematis, tekanan total tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan:

P : tekanan total (Nm^{-2}, Pa)

P_0 : tekanan atmosfer (atm, Pa)

Tekanan yang ditunjukkan oleh alat ukur pada suatu ruang tertutup disebut sebagai tekanan terukur atau tekanan gauge. Salah satu alat yang digunakan untuk mengukur tekanan pada sistem tertutup, seperti pada alat semprot, adalah manometer tertutup. Selain itu, udara di sekitar bumi yang dikenal sebagai atmosfer juga memberikan tekanan ke segala arah. Secara matematis, hubungan antara tekanan absolut (mutlak), tekanan gauge, dan tekanan atmosfer dapat dinyatakan sebagai:

$$P = P_G + P_0$$

P : tekanan mutlak (Nm^{-2}, Pa)

P_G : tekanan terukur (Nm^{-2}, Pa)

2. Hukum Archimedes

Salah satu konsekuensi dari prinsip-prinsip statika fluida adalah Hukum Archimedes. Hukum ini menyatakan bahwa setiap benda yang tercelup sebagian maupun seluruhnya di dalam fluida akan mengalami gaya apung yang arahnya ke atas, dengan besar gaya sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut. Prinsip ini dikemukakan oleh Archimedes (287–212 SM), seorang ilmuwan dari Yunani. Melalui penemuannya, ia berhasil merumuskan cara untuk menentukan volume benda yang bentuknya tidak beraturan, yakni dengan memanfaatkan konsep perpindahan fluida. Jika berat benda di udara dinyatakan sebagai w dan berat benda saat berada di dalam zat cair sebagai w' , maka besar gaya apung (F_a) dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$F_a = w - w'$$

Gaya ke atas juga dirumuskan sebagai:

$$F_a = m_f \cdot g \leftrightarrow F_a = \rho_f \cdot g \cdot V_f$$

Keterangan:

F_a : gaya ke atas (N)

m_f : massa fluida (kg)

ρ_f : massa jenis fluida (kg/m^3)

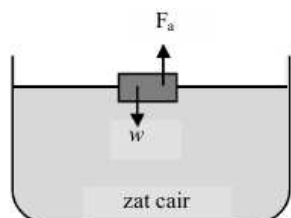
g : percepatan gravitasi (m/s^2)

V_f : volume benda yang tercelup dalam zat cair (m^3)

w : berat benda di udara

w' : berat benda di dalam zat cair

Pada benda yang berada di dalam zat cair, bekerja dua gaya utama, yaitu gaya apung (F_a) yang arahnya ke atas dan gaya berat (w) yang arahnya ke bawah. Perbandingan besar kedua gaya tersebut menentukan keadaan benda di dalam zat cair. Berdasarkan kondisi itu, posisi benda dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu mengapung, melayang, dan tenggelam.

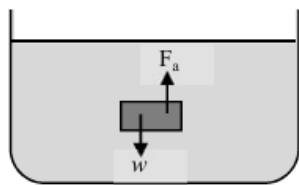


Gambar 16 Benda mengapung
(Sumber:
<https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Benda mengapung jika gaya apung lebih besar daripada berat benda atau massa jenis fluida lebih besar dari massa jenis benda.

Syarat benda mengapung:

$$\rho_F > \rho_b$$

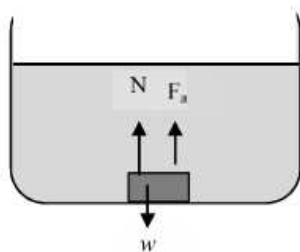


Gambar 17 Benda melayang
(Sumber:
<https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Benda akan melayang jika gaya apung sama dengan berat benda atau massa jenis fluida sama dengan massa jenis benda.

Syarat benda melayang:

$$\rho_F = \rho_B$$



Gambar 18 Benda tenggelam
(Sumber:
<https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Benda akan tenggelam jika gaya apung lebih kecil daripada berat benda atau massa jenis fluida lebih kecil dari massa jenis benda.

Syarat benda tenggelam:

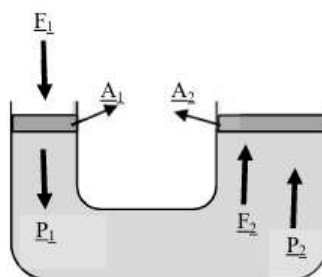
$$\rho_F < \rho_B$$

Salah satu penerapan prinsip Hukum Archimedes dalam bidang teknik dapat dijumpai pada kapal laut. Kapal dapat terapung di permukaan air karena adanya gaya apung yang diberikan oleh air dan arahnya ke atas. Besar gaya apung tersebut sama dengan berat air yang dipindahkan oleh badan kapal. Oleh karena itu, meskipun kapal terbuat dari bahan seperti baja yang memiliki massa jenis besar, kapal tetap dapat mengapung karena volume air yang dipindahkan cukup besar sehingga menghasilkan gaya apung yang mampu menyeimbangkan berat kapal tersebut.

3. Hukum Pascal

Hukum Pascal menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan dengan besar yang sama ke segala arah. Prinsip ini dikemukakan oleh Blaise Pascal, seorang ilmuwan asal Prancis. Sebagai bentuk penghargaan atas kontribusinya, nama “Pascal” kemudian digunakan sebagai satuan internasional untuk tekanan.

Prinsip kerja hukum Pascal:



Gambar 19 Prinsip kerja hukum Pascal
(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Pengisap pertama memiliki luas penampang A_1 . Ketika pengisap tersebut diberi gaya F_1 , zat cair di dalam sistem akan memberikan tekanan yang bekerja ke atas sebesar $P \times A_1$. Akibatnya, pada pengisap pertama terjadi kondisi setimbang, sehingga berlaku hubungan sebagai berikut.

$$P \cdot A_1 = F_1 \leftrightarrow P = \frac{F_1}{A_1}$$

Sesuai dengan Hukum Pascal, tekanan yang diberikan pada zat cair akan diteruskan sama besar ke segala arah. Oleh karena itu, pada pengisap kedua bekerja gaya ke atas sebesar $P \times A_2$. Gaya ini menyeimbangkan gaya F_2 yang bekerja ke bawah pada pengisap kedua, sehingga berlaku hubungan sebagai berikut.

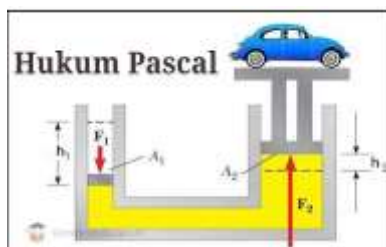
$$P \cdot A_2 = F_2 \leftrightarrow P = \frac{F_2}{A_2}$$

Dengan demikian:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \leftrightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \leftrightarrow F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1$$

Prinsip Hukum Pascal banyak dimanfaatkan dalam berbagai peralatan teknik, salah satunya pada dongkrak hidrolik dan mesin pengangkat mobil. Penerapan yang paling dikenal adalah dongkrak hidrolik, yaitu alat yang digunakan untuk mengangkat beban berat, misalnya saat mengganti ban mobil. Pada sistem hidrolik, gaya kecil yang diberikan pada piston dengan luas penampang kecil akan menghasilkan gaya yang jauh lebih besar pada piston dengan luas penampang lebih besar. Hal ini terjadi karena tekanan yang diberikan pada zat cair diteruskan sama besar ke seluruh bagian sistem. Dengan memperbesar luas piston keluaran dibandingkan piston masukan, diperoleh keuntungan mekanis sesuai perbandingan

luas kedua piston tersebut. Sebagai ilustrasi, jika luas piston luar 20 kali lebih besar daripada piston dalam, maka gaya keluaran yang dihasilkan juga menjadi 20 kali lipat. Artinya, gaya sebesar 100 kg pada piston kecil dapat menghasilkan gaya angkat hingga 2000 kg atau sekitar 2 ton pada piston besar. Perhatikan gambar berikut untuk memahami prinsip kerjanya.



Gambar 20 Prinsip kerja Dongkrak Hidrolik

(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)



Gambar 21 Dongrak Hidrolik

(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Pada dongkrak hidrolik atau lift hidrolik, berlaku prinsip bahwa perbandingan gaya yang diberikan dengan gaya beban sebanding dengan perbandingan luas penampang kedua silinder. Artinya, besar gaya untuk mengangkat beban bergantung pada perbandingan luas silinder tekan dan luas silinder beban. Secara matematis, hubungan yang berlaku pada dongkrak hidrolik dan mesin hidrolik dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

4. Sifat Antarmuka Fluida

1) Tegangan Permukaan Zat Cair

Tegangan permukaan pada zat cair merupakan kecenderungan permukaannya untuk berperilaku seperti lapisan elastis yang tegang. Lapisan ini berusaha mengecil atau menyusut seminimal mungkin. Akibatnya, sejumlah zat cair cenderung membentuk konfigurasi dengan luas permukaan sekecil mungkin. Fenomena inilah yang dikenal sebagai tegangan permukaan.



Gambar 22 Tegangan permukaan
(Sumber: <https://sl1nk.com/Q5J6s>)

Tegangan permukaan (γ) dalam larutan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya tegangan permukaan (F) dan panjang permukaan (d) dimana gaya tersebut bekerja. Dapat ditulis:

$$\gamma = \frac{F}{l}$$

Keterangan:

γ : tegangan permukaan (N/m atau Nm^{-1})

F : gaya tegangan permukaan (N)

l : panjang permukaan (m)

Akibat adanya tegangan permukaan, setetes cairan cenderung membentuk bola. Bentuk bola dipilih karena memberikan luas permukaan paling kecil dibandingkan bentuk lainnya untuk volume yang sama. Oleh sebab itu, tetes-tetes embun yang menempel pada sarang laba-laba tampak berbentuk bulat menyerupai bola. Gaya tarik pada permukaan zat cair membentuk lapisan tipis yang seolah-olah menyerupai selaput atau kulit. Lapisan ini mampu menahan beban ringan. Oleh karena itu, nyamuk dapat berjalan di atas permukaan air karena berat tubuhnya masih dapat ditopang oleh tegangan permukaan tersebut. Peristiwa serupa juga dapat diamati ketika jarum jahit diletakkan secara perlahan dan mendatar di atas air, sehingga jarum tersebut tidak langsung tenggelam.

Contoh penerapan lainnya dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat pada penggunaan detergen saat mencuci pakaian. Detergen dirancang untuk meningkatkan kemampuan air dalam membasahi dan melepaskan kotoran yang menempel pada serat kain. Mekanismenya adalah dengan menurunkan tegangan

permukaan air, sehingga air lebih mudah meresap ke dalam serat pakaian. Akibatnya, kotoran yang sebelumnya sulit larut dalam air biasa menjadi lebih mudah terangkat ketika menggunakan air yang telah dicampur detergen, sehingga hasil cucian menjadi lebih bersih.

2) Kapilaritas

Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair di dalam pipa kapiler, yaitu pipa yang berdiameter sangat kecil. Fenomena ini terjadi karena adanya interaksi gaya kohesi antarpartikel zat cair dan gaya adhesi antara zat cair dengan dinding pipa. Naik atau turunnya zat cair dalam pipa kapiler dipengaruhi oleh tegangan permukaan yang bekerja sepanjang garis pertemuan antara zat cair dan dinding pipa. Besarnya kenaikan atau penurunan permukaan zat cair tersebut dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

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

keterangan:

h : kenaikan/penurunan permukaan fluida dalam pipa (m)

θ : sudut kontak (*derajat*)

r : jari-jari pipa kapiler (m)

ρ : massa jenis fluida (Kg/m^3)

g : percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

3). Viskositas

Viskositas adalah besaran yang menunjukkan tingkat kekentalan suatu fluida, yang berkaitan dengan ~~besar~~ kecilnya gaya gesek internal antar lapisan fluida saat mengalir. Pada fluida ideal (tidak kental), viskositas dianggap nol sehingga tidak ada hambatan antara lapisan-lapisan fluida ketika saling bergeser. Sebaliknya, pada fluida nyata yang bersifat kental, terdapat gaya gesek internal yang menghambat gerak relatif antar lapisan tersebut. Hubungan gaya gesek dalam fluida dapat dinyatakan dengan persamaan. ada fluida yang bersifat kental, diperlukan gaya luar untuk menggeser satu lapisan fluida terhadap lapisan lainnya. Besar gaya F yang dibutuhkan untuk menggerakkan suatu lapisan fluida dengan kecepatan tetap v , pada luas bidang yang bersentuhan dengan fluida sebesar A , serta berjarak L dari bidang lain yang diam, dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$F = \frac{\eta A \cdot v}{L}$$

Keterangan:

F : gaya yang bekerja (N)

A : luas keping yang bersentuhan dengan fluida (m^2)

v : kelajuan (m/s)

L : jarak antara dua keping (m)

η : koefisien viskositas ($kg \cdot m^{-1}$ atau Pa/s)

Nilai koefisien viskositas (η) dipengaruhi oleh suhu. Pada zat cair, kenaikan temperatur menyebabkan viskositas menurun, sedangkan pada gas justru meningkat. Sebaliknya, ketika temperatur menurun, viskositas zat cair bertambah, sementara viskositas gas mengalami penurunan.

➤ Hukum Stokes

Bagaimana pengaruh fluida kental terhadap benda yang bergerak di dalamnya? Ketika suatu benda bergerak dengan kelajuan tertentu dalam fluida yang kental, gerakannya akan mengalami hambatan akibat gaya gesek fluida yang arahnya berlawanan dengan arah gerak benda tersebut. Pada tahun 1845, George Stokes menjelaskan bahwa besar gaya hambat F yang dialami benda berbentuk bola yang bergerak relatif terhadap fluida dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$F_s = 6 \pi \eta r v$$

Keterangan:

F_s : gaya hambatan (N)

r : jari-jari bola (m)

v : kelajuan relatif benda terhadap fluida (m/s)

Persamaan ini dikenal sebagai “Hukum Stokes”

➤ Kecepatan Terminal

Jika suatu benda dijatuhkan bebas ke dalam fluida kental, kecepatannya mula-mula akan bertambah seiring waktu. Namun, setelah mencapai kondisi tertentu, kecepatannya menjadi konstan dan tidak bertambah lagi. Kecepatan maksimum yang tetap tersebut disebut sebagai kecepatan terminal.

$$v_T = \frac{v_b g (\rho_b - \rho_f)}{6 \pi \eta r}$$

Untuk benda berbentuk bola dengan jari-jari r , maka volume benda $v_b = \frac{4}{3} \pi r^3$, sehingga diperoleh persamaan:

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

Keterangan:

v_T : kecepatan terminal (m/s)

r : jari-jari bola (m)

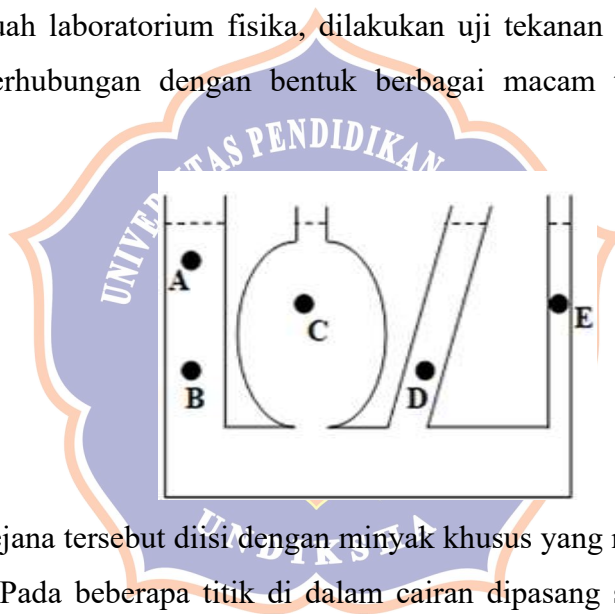


LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

Mata Pelajaran : Fisika
Kelas/Semester : XI MIPA/Genap
Materi Pokok : Fluida Statis
Sub Materi : Tekanan Hidrostatik & Hukum Archimedes

Latihan soal:

1. Seorang penyelam sangat memerhatikan keselamatan dirinya saat berada di bawah laut. Penyelam pemula hanya diperbolehkan menyelam dengan batas kedalaman tertentu. Menurut pendapat kamu, mengapa penyelam yang belum terlatih akan sangat berbahaya ketika menyelam semakin dalam?
2. Pada sebuah laboratorium fisika, dilakukan uji tekanan fluida menggunakan bejana berhubungan dengan bentuk berbagai macam tabung seperti pada gambar.



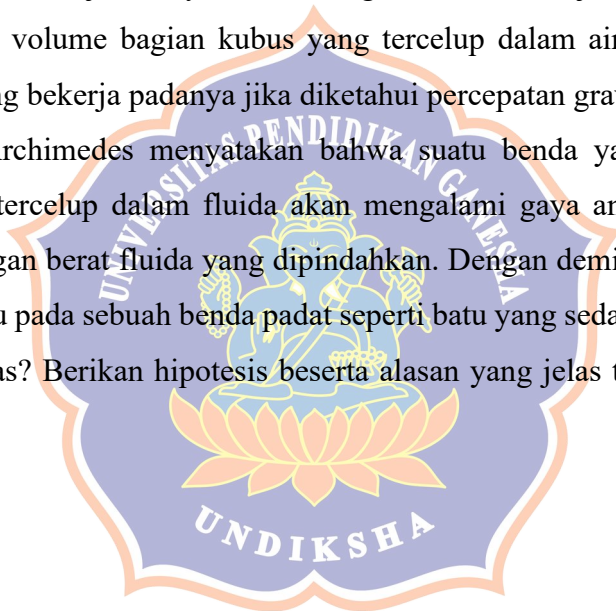
Bejana-bejana tersebut diisi dengan minyak khusus yang memiliki massa jenis seragam. Pada beberapa titik di dalam cairan dipasang sensor tekanan yang ditandai sebagai A, B, C, D, dan E seperti pada gambar. Berdasarkan prinsip tekanan hidrostatik, analisislah secara deduktif titik-titik manakah yang menunjukkan bacaan tekanan yang sama pada sensornya?

3. Saat Devi bermain seluncur es, Devi menyadari bahwa sepatu yang dia gunakan didesain memiliki pisau di bagian bawah seperti pada gambar.



Meskipun permukaan es licin, Devi tetap dapat meluncur tanpa tergelincir secara tidak terkontrol. Berdasarkan konsep tekanan, berikan pendapatmu mengapa sepatu seluncur es dirancang dengan bilah tipis dan tajam sehingga memungkinkan pemain meluncur dengan stabil di atas permukaan es yang licin!

4. Empat buah telur dicelupkan ke dalam empat gelas yang berisi larutan air dan garam dengan konsentrasi yang berbeda. Gelas pertama air tanpa garam, kedua air dengan $\frac{1}{2}$ sendok garam, gelas ketiga air dengan 1 sendok garam, dan gelas keempat air dengan $1\frac{1}{2}$ sendok garam. Manakah telur yang akan berada paling dasar?
5. Sebuah kubus kayu dengan panjang rusuk 10 cm mengapung di permukaan air. Diketahui massa jenis kayu adalah $0,2 \text{ g/cm}^3$ dan massa jenis air adalah 1 g/cm^3 . Hitunglah volume bagian kubus yang tercelup dalam air dan besarnya gaya apung yang bekerja padanya jika diketahui percepatan gravitasi yaitu 10 m/s^2 !
6. Hukum Archimedes menyatakan bahwa suatu benda yang seluruhnya atau sebagian tercelup dalam fluida akan mengalami gaya angkat yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan. Dengan demikian, apakah prinsip ini berlaku pada sebuah benda padat seperti batu yang sedang mengalami gerak jatuh bebas? Berikan hipotesis beserta alasan yang jelas terkait permasalahan ini!

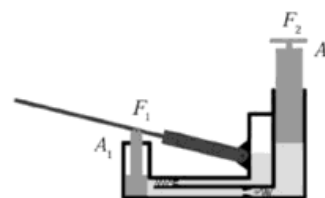


LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

Mata Pelajaran : Fisika
Kelas/Semester : XI MIPA/Genap
Materi Pokok : Fluida Statis
Sub Materi : Hukum Pascal

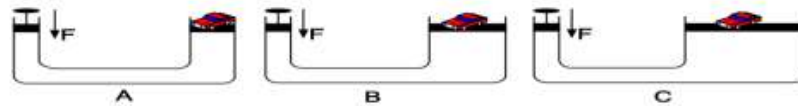
Latihan soal:

1. Sistem rem hidrolik pada kendaraan memanfaatkan prinsip Hukum Pascal. Jelaskan bagaimana cara kerja sistem ini sehingga mampu mengurangi kecepatan kendaraan dan menghentikannya!
2. Seorang montir di bengkel perlu menaikkan posisi sebuah mobil agar ia lebih mudah melakukan perbaikan pada bagian bawah kendaraan. Mobil tersebut memiliki berat sekitar 100 kali lebih besar daripada gaya maksimal yang dapat diberikan montir pada piston kecil dongkrak hidrolik. Untuk memastikan dongkrak dapat bekerja dengan aman dan efektif, berapakah perbandingan minimal luas penampang piston besar terhadap piston kecil yang harus digunakan pada dongkrak hidrolik tersebut?
3. Rafi melihat seorang montir menggunakan alat hidrolik untuk mengangkat sepeda motor di bengkel. Montir menekan piston kecil, lalu perlahan-lahan motor terangkat karena tekanan pada fluida diteruskan ke piston yang lebih besar. Rafi kemudian penasaran, bagaimana jika ukuran piston kecil dan piston besar pada alat hidrolik tersebut dibuat sama? Menurutmu, apa yang akan terjadi pada kemampuan alat tersebut dalam mengangkat beban? Jelaskan alasanmu berdasarkan prinsip Hukum Pascal!
4. Sebuah perusahaan travel memiliki beberapa minibus yang menggunakan sistem rem hidrolik. Dalam beberapa minggu terakhir, para pengemudi mulai mengeluhkan bahwa pedal rem terasa semakin keras saat diinjak, dan kendaraan membutuhkan jarak yang lebih panjang untuk berhenti, terutama setelah menempuh rute panjang di daerah berbukit. Selain itu, beberapa sopir juga mencium bau seperti benda yang terbakar ketika menggunakan rem terlalu sering. Berdasarkan gejala tersebut serta prinsip Hukum Pascal



pada sistem rem hidrolik, evaluasilah kemungkinan penyebab terjadinya kondisi tersebut, dan tentukan alternatif solusi yang tepat untuk mengatasinya!

5. Perhatikan tiga rancangan alat hidrolik berbentuk bejana U seperti yang tampak pada gambar di bawah ini!



Ketiga bejana U tersebut berisi jenis cairan yang sama, dan masing-masing digunakan untuk mengangkat beban dengan massa yang sama. Menurut pendapatmu, bejana U manakah yang harus digunakan agar tenaga yang digunakan untuk mengangkat beban tidak terkuras banyak? Jelaskan!



LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

Mata Pelajaran : Fisika
Kelas/Semester : XI MIPA/Genap
Materi Pokok : Fluida Statis
Sub Materi : Sifat Antarmuka Fluida

Latihan soal:

1. Printer yang jarang digunakan seringkali mengalami masalah tinta yang mengering dan menyumbat pada cartridge. Hal ini menyebabkan tinta sulit keluar saat kita ingin mencetak. Apa saja cara yang efektif untuk mengatasi masalah ini dan mencegahnya terulang kembali?
2. Bima melakukan percobaan untuk membandingkan kekentalan beberapa jenis cairan. Ia menyiapkan tiga gelas ukur berisi cairan berbeda dengan volume yang sama. Dari permukaan cairan, Bima menjatuhkan sebuah baut kecil dan mengukur waktu yang dibutuhkan baut untuk mencapai dasar gelas. Setelah melakukan tiga kali percobaan, ia mencatat hasilnya sebagai berikut:

No	Jenis Cairan	Waktu Tempuh (s)
1	Cairan A	4,2
2	Cairan B	7,8
3	Cairan C	5,1

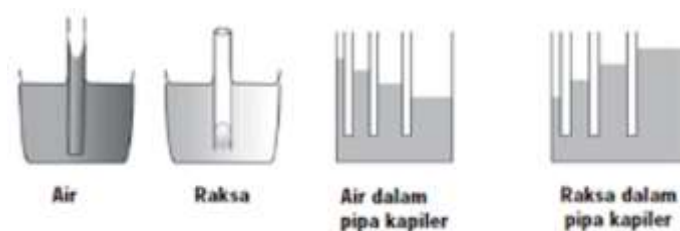
Berdasarkan hasil tersebut, cairan manakah yang memiliki viskositas paling tinggi? Jelaskan alasannya!

3. Sebuah jarum baja dan silet, yang keduanya memiliki massa jenis lebih besar daripada air, dapat menunjukkan perilaku yang berbeda ketika ditempatkan pada permukaan air. Jarum tenggelam, sedangkan silet dapat mengapung seperti pada gambar berikut.



Fenomena ini tampaknya bertentangan dengan prinsip Archimedes. Jelaskan mekanisme fisika yang mendasari perbedaan perilaku kedua benda tersebut!

4. Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair dalam celah sempit atau pipa kapiler. Salah satu contoh kapilaritas dapat dilihat pada sumbu kompor minyak tanah, di mana minyak dapat meresap naik melalui serat-serat kain yang sangat kecil. Fenomena ini juga dapat diamati pada air dan raksa yang menunjukkan perilaku berbeda ketika dimasukkan ke dalam pipa kapiler.



Menurut pendapatmu, mengapa air dan raksa menunjukkan perbedaan perilaku kapilaritas? Jelaskan alasanmu berdasarkan konsep gaya kohesi dan adhesi!

5. Desainlah sebuah eksperimen untuk mengidentifikasi faktor dominan yang mempengaruhi laju kapilaritas berbagai cairan (air, minyak goreng, alkohol) melalui media berpori yang berbeda (kain katun, wol, kertas tisu). Volume masing-masing cairan adalah 50 ml dan ukuran masing-masing media berpori adalah 10 cm x 10 cm!

GLOSARIUM

- Fluida Statis** : Zat yang dapat mengalir serta hanya sedikit menahan perubahan bentuk ketika diberi tekanan, tetapi berada dalam keadaan diam (tidak mengalir).
- Tekanan** : Besar gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu permukaan tiap satuan luas. Satuan SI: Pascal (Pa).
- Tekanan Hidrostatik** : Tekanan yang timbul akibat berat zat cair pada suatu titik di dalamnya. Nilainya bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman.
- Massa Jenis** : Perbandingan antara massa suatu benda dengan volumenya.
- Hukum Archimedes** : Benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan.
- Gaya Apung** : Gaya angkat ke atas yang dialami benda saat berada di dalam fluida, sesuai dengan prinsip Archimedes.
- Hukum Pascal** : Tekanan yang diberikan pada fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah.
- Tegangan Permukaan** : Gaya per satuan panjang yang bekerja sejajar dengan permukaan fluida, menyebabkan permukaan fluida seolah-olah bersifat elastis.
- Kapilaritas** : Peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair di dalam pipa kapiler (pipa berdiameter kecil) akibat pengaruh tegangan permukaan serta gaya adhesi antara zat cair dan dinding pipa.

- Viskositas** : Ukuran kekentalan fluida yang menunjukkan tingkat hambatan fluida terhadap aliran. Semakin besar viskositas, semakin sulit fluida mengalir.
- Gaya Kohesi** : Gaya tarik-menarik antar molekul yang sejenis.
- Gaya Adhesi** : Gaya tarik-menarik antara molekul-molekul yang berbeda jenis.



DAFTAR PUSTAKA

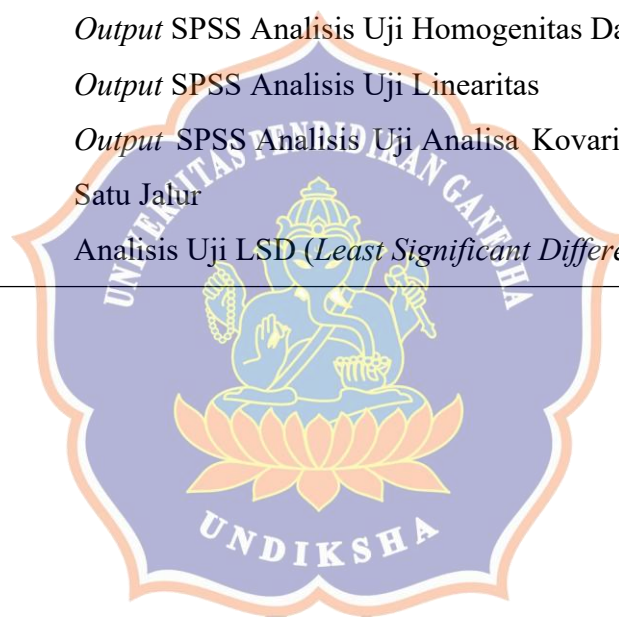
- Oktaviana, D. (2024). *Bahan Ajar Fisika: FLuida Statis*. Diambil kembali dari https://static.perangkat-ajar.belajar.id/9577__BAHAN_AJAR_FISIKA_FLUIDA_STATIS_DEWI_OKTAVIANA.pdf
- Kusrini. (2020). *Modul Pembelajaran SMA Fisika: Fluida Statis Kelas XI*. Diambil kembali dari https://repositori.kemendikdasmen.go.id/22209/1/XI_Fisika_KD-3.3-_Final.pdf
- Nurachamandani, S. (2009). *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Grahadi.



LAMPIRAN IV

DATA HASIL PENELITIAN DAN UJI STATISTIK

Lampiran 4.1	Rekapitulasi Data Hasil <i>Pretest</i> Siswa
Lampiran 4.2	Hasil <i>Pretest</i> pada setiap Dimensi Berpikir Kritis
Lampiran 4.3	Rekapitulasi Data Hasil <i>Posttest</i>
Lampiran 4.4	Hasil <i>Posttest</i> pada setiap Dimensi Berpikir Kritis
Lampiran 4.5	<i>Output</i> SPSS Analisis Uji Normalitas Data
Lampiran 4.6	<i>Output</i> SPSS Analisis Uji Homogenitas Data
Lampiran 4.7	<i>Output</i> SPSS Analisis Uji Linearitas
Lampiran 4.8	<i>Output</i> SPSS Analisis Uji Analisa Kovarian (ANAKOVA) Satu Jalur
Lampiran 4.9	Analisis Uji LSD (<i>Least Significant Difference</i>)



Lampiran 4.1. Rekapitulasi Data Hasil *Pretest* Siswa

A. Kelompok Eksperimen 1 (Model PBL berbantuan Simulasi PhET)

No	Peserta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Nilai	Rentang
1	Siswa 1	2	2	0	1	1	1	2	1	0	2	0	0	12	25.0	Rendah
2	Siswa 2	1	2	0	2	2	2	1	1	2	4	1	1	19	39.6	Rendah
3	Siswa 3	0	1	0	2	0	0	3	0	2	2	0	1	11	22.9	Rendah
4	Siswa 4	1	2	0	1	0	1	0	2	1	0	1	0	9	18.8	Sangat Rendah
5	Siswa 5	0	2	2	1	3	0	2	0	1	0	0	0	11	22.9	Rendah
6	Siswa 6	1	0	2	0	1	0	2	0	0	2	1	0	9	18.8	Sangat Rendah
7	Siswa 7	1	2	2	2	1	0	0	2	0	0	2	1	13	27.1	Rendah
8	Siswa 8	1	0	0	2	1	0	2	0	3	0	2	0	11	22.9	Rendah
9	Siswa 9	2	2	0	2	0	0	3	0	0	0	0	1	10	20.8	Rendah
10	Siswa 10	1	2	0	0	2	1	0	0	2	0	2	0	10	20.8	Rendah
11	Siswa 11	1	3	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	9	18.8	Sangat Rendah
12	Siswa 12	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10.4	Sangat Rendah
13	Siswa 13	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	4	8.3	Sangat Rendah
14	Siswa 14	1	1	0	2	3	0	0	0	0	2	0	0	9	18.7	Sangat Rendah
15	Siswa 15	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	5	10.4	Sangat Rendah
16	Siswa 16	1	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	7	14.6	Sangat Rendah
17	Siswa 17	1	0	1	2	2	0	2	0	0	0	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
18	Siswa 18	3	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	9	18.8	Sangat Rendah
19	Siswa 19	1	2	3	2	1	0	0	0	0	0	1	0	10	20.8	Rendah
20	Siswa 20	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	5	10.4	Sangat Rendah
21	Siswa 21	2	2	2	1	1	1	2	0	0	1	1	0	13	27.1	Rendah
22	Siswa 22	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	14.6	Sangat Rendah
23	Siswa 23	2	2	1	2	1	1	1	0	2	2	1	0	15	31.3	Rendah
24	Siswa 24	1	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	10	20.8	Rendah
25	Siswa 25	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	12.5	Sangat Rendah
26	Siswa 26	1	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
27	Siswa 27	3	2	2	1	2	2	1	0	0	0	0	0	13	27.1	Rendah
28	Siswa 28	2	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	7	14.6	Sangat Rendah
29	Siswa 29	3	2	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	11	22.9	Rendah
30	Siswa 30	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	12.5	Sangat Rendah
31	Siswa 31	1	2	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	12	25.0	Rendah
32	Siswa 32	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10.4	Sangat Rendah
33	Siswa 33	2	2	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	9	18.8	Sangat Rendah
34	Siswa 34	2	2	3	0	0	2	2	0	0	0	0	0	11	22.9	Rendah
35	Siswa 35	2	2	1	0	0	3	0	1	0	3	0	0	12	25.0	Rendah
36	Siswa 36	2	2	0	3	0	2	3	0	0	0	3	0	15	31.3	Rendah

B. Kelompok Eksperimen 2 (Model PBL)

No	Peserta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Nilai	Rentang
1	Siswa 1	1	0	2	2	0	0	2	0	0	1	2	0	10	20.8	Rendah
2	Siswa 2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	1	0	18	37.5	Rendah
3	Siswa 3	1	0	2	0	0	2	0	0	0	3	0	1	9	18.8	Sangat Rendah
4	Siswa 4	1	2	0	0	2	2	2	0	3	0	0	0	12	25.0	Rendah
5	Siswa 5	1	1	3	2	2	2	2	2	0	1	0	0	16	33.3	Rendah
6	Siswa 6	2	3	2	0	2	0	2	0	2	0	2	2	17	35.4	Rendah
7	Siswa 7	0	0	0	0	2	2	2	0	3	2	3	1	15	31.3	Rendah
8	Siswa 8	0	0	2	2	0	1	2	1	1	2	0	0	11	22.9	Rendah
9	Siswa 9	1	1	3	2	0	0	0	0	0	3	0	3	13	27.1	Rendah
10	Siswa 10	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	0	0	16	33.3	Rendah
11	Siswa 11	2	3	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	10	20.8	Rendah
12	Siswa 12	0	0	1	1	2	2	1	0	0	2	0	0	9	18.8	Sangat Rendah
13	Siswa 13	2	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
14	Siswa 14	0	3	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	6	12.5	Sangat Rendah
15	Siswa 15	2	2	2	2	3	1	2	2	0	0	0	0	16	33.3	Rendah
16	Siswa 16	0	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	6	12.5	Sangat Rendah
17	Siswa 17	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10.4	Sangat Rendah
18	Siswa 18	0	0	1	1	3	0	0	3	0	0	3	0	11	22.9	Rendah
19	Siswa 19	2	0	2	0	1	1	2	1	0	0	0	0	9	18.8	Sangat Rendah
20	Siswa 20	1	2	2	1	2	1	1	0	1	0	0	0	11	22.9	Rendah

No	Peserta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Nilai	Rentang
21	Siswa 21	1	1	1	2	1	0	1	0	0	2	0	0	9	18.8	Sangat Rendah
22	Siswa 22	0	1	1	2	0	1	2	1	0	0	2	0	10	20.8	Rendah
23	Siswa 23	0	0	1	1	2	0	1	1	1	1	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
24	Siswa 24	0	0	1	2	1	0	0	0	0	1	2	0	7	14.6	Sangat Rendah
25	Siswa 25	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	7	14.6	Sangat Rendah
26	Siswa 26	2	2	0	2	0	1	1	0	0	0	3	0	11	22.9	Rendah
27	Siswa 27	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	1	0	16	33.3	Rendah
28	Siswa 28	1	2	2	1	2	0	0	0	0	3	0	0	11	22.9	Rendah
29	Siswa 29	1	1	0	0	1	0	2	0	0	1	2	2	10	20.8	Rendah
30	Siswa 30	1	1	1	2	0	0	2	2	2	0	0	0	11	22.9	Rendah

C. Kelompok Kontrol (Model DI)

No	Peserta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Nilai	Rentang
1	Siswa 1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	6	12.5	Sangat Rendah
2	Siswa 2	2	1	1	1	0	0	2	0	1	0	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
3	Siswa 3	1	1	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	6	12.5	Sangat Rendah
4	Siswa 4	2	2	1	2	2	0	2	1	0	1	0	0	13	27.1	Rendah
5	Siswa 5	0	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	5	10.4	Sangat Rendah
6	Siswa 6	1	2	1	2	2	0	2	0	0	1	0	0	11	22.9	Rendah
7	Siswa 7	1	2	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
8	Siswa 8	0	0	1	1	0	0	1	0	0	2	1	0	6	12.5	Sangat Rendah
9	Siswa 9	1	2	1	2	0	1	1	0	0	2	0	0	10	20.8	Rendah
10	Siswa 10	1	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	7	14.6	Sangat Rendah
11	Siswa 11	1	2	2	1	1	2	2	2	0	2	0	0	15	31.3	Rendah
12	Siswa 12	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	0	17	35.4	Rendah
13	Siswa 13	1	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
14	Siswa 14	2	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	7	14.6	Sangat Rendah
15	Siswa 15	0	2	1	1	2	0	2	0	0	2	0	0	10	20.8	Rendah
16	Siswa 16	0	2	1	2	2	2	1	0	0	0	0	0	10	20.8	Rendah
17	Siswa 17	2	0	1	1	2	2	2	1	1	2	0	0	14	29.2	Rendah
18	Siswa 18	1	2	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
19	Siswa 19	1	2	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	9	18.8	Sangat Rendah
20	Siswa 20	1	0	1	2	2	2	2	0	2	1	1	0	14	29.2	Rendah
21	Siswa 21	1	0	1	0	1	0	1	2	2	3	1	0	12	25.0	Rendah
22	Siswa 22	2	2	1	1	1	2	1	0	0	1	0	0	11	22.9	Rendah
23	Siswa 23	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	0	12	25.0	Rendah
24	Siswa 24	2	2	1	2	2	0	2	1	1	1	0	0	14	29.2	Rendah
25	Siswa 25	1	1	0	1	2	2	0	1	0	0	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
26	Siswa 26	2	1	0	1	1	0	1	0	0	2	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
27	Siswa 27	1	1	1	2	1	1	1	0	0	2	0	0	10	20.8	Rendah
28	Siswa 28	2	1	2	1	1	2	2	0	0	0	0	0	11	22.9	Rendah
29	Siswa 29	1	2	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
30	Siswa 30	1	2	1	0	1	0	0	0	2	2	0	0	9	18.8	Sangat Rendah
31	Siswa 31	0	0	2	3	2	0	2	0	0	3	0	0	12	25.0	Rendah
32	Siswa 32	1	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
33	Siswa 33	1	1	1	2	1	1	2	0	0	0	0	0	9	18.8	Sangat Rendah
34	Siswa 34	2	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	8	16.7	Sangat Rendah
35	Siswa 35	0	1	0	2	0	0	2	0	3	0	0	0	8	16.7	Sangat Rendah

Lampiran 4.2. Hasil Pretest pada setiap Dimensi Berpikir Kritis

A. Kelompok Eksperimen 1 (Model PBL berbantuan Simulasi PhET)

No	Nama	D1		TOT	D2		TOT	D3		TOT	D4		TOT	D5		TOT	D6		TOT
		1	2	AL	4	8	AL	3	10	AL	7	12	AL	5	6	AL	9	11	AL
1	Siswa 1	2	2	4	1	1	2	0	2	2	2	0	2	1	1	2	0	0	0
2	Siswa 2	1	2	3	2	1	3	0	4	4	1	1	2	2	2	4	2	1	3
3	Siswa 3	0	1	1	2	0	2	0	2	2	3	1	4	0	0	0	2	0	2
4	Siswa 4	1	2	3	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
5	Siswa 5	0	2	2	1	0	1	2	0	2	2	0	2	3	0	3	1	0	1
6	Siswa 6	1	0	1	0	0	0	2	2	4	2	0	2	1	0	1	0	1	1
7	Siswa 7	1	2	3	2	2	4	2	0	2	0	1	1	1	0	1	0	2	2
8	Siswa 8	1	0	1	2	0	2	0	0	0	2	0	2	1	0	1	3	2	5
9	Siswa 9	2	2	4	2	0	2	0	0	0	3	1	4	0	0	0	0	0	0
10	Siswa 10	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	2	2	4
11	Siswa 11	1	3	4	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
12	Siswa 12	1	2	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Siswa 13	0	0	0	2	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
14	Siswa 14	1	1	2	2	0	2	0	2	2	0	0	0	3	0	3	0	0	0
15	Siswa 15	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	0
16	Siswa 16	1	2	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0
17	Siswa 17	1	0	1	2	0	2	1	0	1	2	0	2	2	0	2	0	0	0
18	Siswa 18	3	1	4	1	0	1	1	0	1	0	0	0	2	1	3	0	0	0
19	Siswa 19	1	2	3	2	0	2	3	0	3	0	0	0	1	0	1	0	1	1
20	Siswa 20	0	0	0	3	0	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Siswa 21	2	2	4	1	0	1	2	1	3	2	0	2	1	1	2	0	1	1
22	Siswa 22	2	1	3	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Siswa 23	2	2	4	2	0	2	1	2	3	1	0	1	1	1	2	2	1	3
24	Siswa 24	1	2	3	2	0	2	2	0	2	0	0	0	3	0	3	0	0	0
25	Siswa 25	4	1	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Siswa 26	1	2	3	0	0	0	2	0	2	0	0	0	3	0	3	0	0	0
27	Siswa 27	3	2	5	1	0	1	2	0	2	1	0	1	2	2	4	0	0	0
28	Siswa 28	2	1	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	1	0	1	0	0	0
29	Siswa 29	3	2	5	2	0	2	1	0	1	0	0	0	2	1	3	0	0	0
30	Siswa 30	1	2	3	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	Siswa 31	1	2	3	2	0	2	3	0	3	0	0	0	2	2	4	0	0	0
32	Siswa 32	2	1	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Siswa 33	2	2	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0
34	Siswa 34	2	2	4	0	0	0	3	0	3	2	0	2	0	2	2	0	0	0
35	Siswa 35	2	2	4	0	1	1	1	3	4	0	0	0	0	3	3	0	0	0
36	Siswa 36	2	2	4	3	0	3	0	0	0	3	0	3	0	2	2	0	3	3
RATA-RATA		2.92			1.67			1.56			0.89			1.75			0.83		

B. Kelompok Eksperimen 2 (Model PBL)

No	Nama	D1		TOT AL	D2		TOT AL	D3		TOT AL	D4		TOT AL	D5		TOT AL	D6		TOT AL
		1	2		4	8		3	10		7	12		5	6		9	11	
1	Siswa 1	1	0	1	2	0	2	2	1	3	2	0	2	0	0	0	0	2	2
2	Siswa 2	2	2	4	2	1	3	2	2	4	2	0	2	1	1	2	2	1	3
3	Siswa 3	1	0	1	0	0	0	2	3	5	0	1	1	0	2	2	0	0	0
4	Siswa 4	1	2	3	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	2	4	3	0	3
5	Siswa 5	1	1	2	2	2	4	3	1	4	2	0	2	2	2	4	0	0	0
6	Siswa 6	2	3	5	0	0	0	2	0	2	2	2	4	2	0	2	2	2	4
7	Siswa 7	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	3	2	2	4	3	3	6
8	Siswa 8	0	0	0	2	1	3	2	2	4	2	0	2	0	1	1	1	0	1
9	Siswa 9	1	1	2	2	0	2	3	3	6	0	3	3	0	0	0	0	0	0
10	Siswa 10	2	1	3	2	1	3	1	2	3	2	0	2	2	2	4	1	0	1
11	Siswa 11	2	3	5	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	3	3	0	0	0
12	Siswa 12	0	0	0	1	0	1	1	2	3	1	0	1	2	2	4	0	0	0
13	Siswa 13	2	2	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0
14	Siswa 14	0	3	3	2	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Siswa 15	2	2	4	2	2	4	2	0	2	2	0	2	3	1	4	0	0	0
16	Siswa 16	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	2	0	2	2	0	0	0
17	Siswa 17	2	2	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Siswa 18	0	0	0	1	3	4	1	0	1	0	0	0	3	0	3	0	3	3
19	Siswa 19	2	0	2	0	1	1	2	0	2	2	0	2	1	1	2	0	0	0
20	Siswa 20	1	2	3	1	0	1	2	0	2	1	0	1	2	1	3	1	0	1
21	Siswa 21	1	1	2	2	0	2	1	2	3	1	0	1	1	0	1	0	0	0
22	Siswa 22	0	1	1	2	1	3	1	0	1	2	0	2	0	1	1	0	2	2
23	Siswa 23	0	0	0	1	1	2	1	1	2	1	0	1	2	0	2	1	0	1
24	Siswa 24	0	0	0	2	0	2	1	1	2	0	0	0	1	0	1	0	2	2
25	Siswa 25	2	1	3	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	2	0	0	0
26	Siswa 26	2	2	4	2	0	2	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	3	3
27	Siswa 27	1	2	3	1	1	2	2	2	4	2	0	2	1	2	3	1	1	2
28	Siswa 28	1	2	3	1	0	1	2	3	5	0	0	0	2	0	2	0	0	0
29	Siswa 29	1	1	2	0	0	0	0	1	1	2	2	4	1	0	1	0	2	2
30	Siswa 30	1	1	2	2	2	4	1	0	1	2	0	2	0	0	0	2	0	2
RATA-RATA		2.20			1.70			2.30			1.47			2.00			1.27		

C. Kelompok Kontrol (Model DI)

No	Nama	D1		TOT AL	D2		TOT AL	D3		TOT AL	D4		TOT AL	D5		TOT AL	D6		TOT AL
		1	2		4	8		3	10		7	12		5	6		9	11	
1	Siswa 1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	2	0	0	0
2	Siswa 2	2	1	3	1	0	1	1	0	1	2	0	2	0	0	0	1	0	1
3	Siswa 3	1	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	2	0	0	0
4	Siswa 4	2	2	4	2	1	3	1	1	2	2	0	2	2	0	2	0	0	0
5	Siswa 5	0	1	1	2	0	2	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
6	Siswa 6	1	2	3	2	0	2	1	1	2	2	0	2	2	0	2	0	0	0
7	Siswa 7	1	2	3	2	0	2	0	1	1	0	0	0	1	1	2	0	0	0
8	Siswa 8	0	0	0	1	0	1	1	2	3	1	0	1	0	0	0	0	1	1
9	Siswa 9	1	2	3	2	0	2	1	2	3	1	0	1	0	1	1	0	0	0
10	Siswa 10	1	1	2	2	0	2	2	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0
11	Siswa 11	1	2	3	1	2	3	2	2	4	2	0	2	1	2	3	0	0	0
12	Siswa 12	1	2	3	1	1	2	2	2	4	2	0	2	1	2	3	1	2	3
13	Siswa 13	1	2	3	2	0	2	2	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0
14	Siswa 14	2	2	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0
15	Siswa 15	0	2	2	1	0	1	1	2	3	2	0	2	2	0	2	0	0	0
16	Siswa 16	0	2	2	2	0	2	1	0	1	1	0	1	2	2	4	0	0	0
17	Siswa 17	2	0	2	1	1	2	1	2	3	2	0	2	2	2	4	1	0	1
18	Siswa 18	1	2	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	0
19	Siswa 19	1	2	3	1	0	2	2	1	3	1	0	1	1	0	1	0	0	0
20	Siswa 20	1	0	1	2	0	2	1	1	2	2	0	2	2	2	4	2	1	3
21	Siswa 21	1	0	1	0	2	2	1	3	4	1	0	1	1	0	1	2	1	3
22	Siswa 22	2	2	4	1	0	1	1	1	2	1	0	1	1	2	3	0	0	0
23	Siswa 23	0	0	0	0	2	2	2	2	4	2	0	2	2	0	2	2	0	2
24	Siswa 24	2	2	4	2	1	3	1	1	2	2	0	2	2	0	2	1	0	1
25	Siswa 25	1	1	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	2	2	4	0	0	0
26	Siswa 26	2	1	3	1	0	1	0	2	2	1	0	1	1	0	1	0	0	0
27	Siswa 27	1	1	2	2	0	2	1	2	3	1	0	1	1	1	2	0	0	0
28	Siswa 28	2	1	3	1	0	1	2	0	2	2	0	2	1	2	3	0	0	0
29	Siswa 29	1	2	3	1	0	1	2	0	2	1	0	1	1	0	1	0	0	0
30	Siswa 30	1	2	3	0	0	0	1	2	3	0	0	0	1	0	1	2	0	2
31	Siswa 31	0	0	0	3	0	3	2	3	5	2	0	2	2	0	2	0	0	0
32	Siswa 32	1	3	4	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	2	0	0	0
33	Siswa 33	1	1	2	2	0	2	1	0	1	2	0	2	1	1	2	0	0	0
34	Siswa 34	2	1	3	0	0	0	1	0	1	2	0	2	0	2	2	0	0	0
35	Siswa 35	0	1	1	2	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	3	0	3
36	Siswa 36	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	2	0	0	0
RATA-RATA		2.37			1.63			2.00			1.20			1.94			0.57		

Lampiran 4.3. Rekapitulasi Data Hasil *Posttest* Siswa

A. Kelompok Eksperimen 1 (PBL berbantuan Simulasi PhET)

No	Peserta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Nilai	Rentang
1	Siswa 1	4	4	2	3	3	3	4	3	2	2	3	2	35	72.9	Tinggi
2	Siswa 2	3	4	2	4	4	3	3	3	3	4	2	2	37	77.1	Tinggi
3	Siswa 3	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4	3	0	40	83.3	Sangat Tinggi
4	Siswa 4	3	3	3	4	2	2	2	2	4	4	1	0	30	62.5	Tinggi
5	Siswa 5	1	4	4	2	3	3	4	4	4	4	4	4	41	85.4	Sangat Tinggi
6	Siswa 6	4	4	4	3	3	3	4	3	0	4	0	2	34	70.8	Tinggi
7	Siswa 7	4	4	2	3	3	3	4	0	3	4	3	3	36	75.0	Tinggi
8	Siswa 8	4	4	4	3	4	3	4	0	4	4	3	0	37	77.1	Tinggi
9	Siswa 9	3	4	2	4	3	2	2	4	2	4	0	2	32	66.7	Tinggi
10	Siswa 10	4	4	0	4	3	1	4	0	4	4	3	0	31	64.6	Tinggi
11	Siswa 11	4	4	3	3	4	4	0	0	0	4	0	3	29	60.4	Tinggi
12	Siswa 12	4	4	4	4	2	3	4	4	0	4	0	4	37	77.2	Tinggi
13	Siswa 13	2	2	3	4	2	3	4	4	4	4	1	4	37	77.2	Tinggi
14	Siswa 14	4	0	4	4	0	4	4	0	4	4	4	0	32	66.7	Tinggi
15	Siswa 15	4	4	4	3	4	4	3	4	0	0	0	0	30	62.5	Tinggi
16	Siswa 16	0	4	3	3	2	3	4	0	3	4	4	3	33	68.6	Tinggi
17	Siswa 17	4	4	4	4	2	2	4	4	3	4	3	0	38	79.2	Tinggi
18	Siswa 18	4	4	3	4	3	4	4	0	0	4	0	0	30	62.5	Tinggi
19	Siswa 19	4	4	4	4	0	0	4	4	4	4	0	0	32	66.7	Tinggi
20	Siswa 20	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	31	64.6	Tinggi
21	Siswa 21	4	4	0	0	3	0	4	4	4	4	0	4	31	64.6	Tinggi
22	Siswa 22	4	0	4	4	0	4	4	4	4	4	3	4	39	81.3	Sangat Tinggi
23	Siswa 23	4	0	2	2	4	3	4	4	4	4	0	0	31	64.6	Tinggi
24	Siswa 24	3	2	3	4	2	3	4	3	4	4	0	4	36	75.0	Tinggi
25	Siswa 25	0	0	3	3	4	4	4	4	4	4	3	0	33	68.8	Tinggi
26	Siswa 26	2	4	4	2	4	3	2	3	3	2	3	2	34	70.8	Tinggi
27	Siswa 27	3	3	3	4	4	0	4	4	4	4	0	0	33	68.8	Tinggi
28	Siswa 28	3	2	2	2	2	2	4	2	2	4	4	3	32	66.7	Tinggi
29	Siswa 29	4	4	2	4	3	3	4	3	3	4	3	2	39	81.3	Sangat Tinggi
30	Siswa 30	4	4	3	3	3	4	4	4	0	4	3	0	36	75.0	Tinggi
31	Siswa 31	4	4	4	0	3	4	4	3	4	4	0	0	34	70.8	Tinggi
32	Siswa 32	3	2	2	3	4	4	4	4	2	4	4	2	38	79.2	Tinggi
33	Siswa 33	4	2	3	4	4	3	4	4	2	2	4	3	39	81.3	Sangat Tinggi
34	Siswa 34	4	4	0	2	2	4	4	3	0	4	4	3	34	70.8	Tinggi
35	Siswa 35	3	4	3	2	2	4	3	4	4	4	0	4	37	77.1	Tinggi
36	Siswa 36	4	4	2	4	4	2	4	2	2	3	4	3	38	79.2	Tinggi

B. Kelompok Eksperimen 2 (PBL)

No	Peserta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Nilai	Rentang
1	Siswa 1	2	2	4	4	2	2	4	2	4	4	3	2	35	72.9	Tinggi
2	Siswa 2	3	3	3	3	2	2	4	3	2	3	3	3	34	70.8	Tinggi
3	Siswa 3	2	2	4	2	2	3	4	3	4	4	3	2	35	72.9	Tinggi
4	Siswa 4	2	4	1	1	3	3	3	2	4	2	2	2	29	60.4	Tinggi
5	Siswa 5	2	3	1	2	3	3	3	4	4	4	3	4	36	75.0	Tinggi
6	Siswa 6	3	4	3	1	4	1	3	2	4	2	3	3	33	68.8	Tinggi
7	Siswa 7	1	2	0	1	3	3	4	1	4	3	4	3	29	60.4	Tinggi
8	Siswa 8	1	0	3	3	2	3	3	3	2	3	2	2	27	56.3	Sedang
9	Siswa 9	2	2	4	3	2	3	2	2	2	4	2	2	30	62.5	Tinggi
10	Siswa 10	3	2	3	2	4	3	3	2	2	4	2	2	32	66.7	Tinggi
11	Siswa 11	3	4	3	1	2	4	1	1	2	2	2	3	28	58.3	Sedang
12	Siswa 12	1	1	3	4	2	3	2	2	3	3	2	2	28	58.3	Sedang
13	Siswa 13	3	3	1	4	2	1	2	3	2	2	2	3	28	58.3	Sedang
14	Siswa 14	2	4	1	3	2	3	2	2	2	3	3	3	29	60.4	Tinggi
15	Siswa 15	3	3	3	3	4	3	2	3	2	2	2	1	31	64.6	Tinggi
16	Siswa 16	2	2	4	2	2	3	3	3	2	2	2	2	29	60.4	Tinggi
17	Siswa 17	4	4	3	2	1	1	2	2	2	2	2	0	25	52.1	Sedang
18	Siswa 18	2	2	3	3	4	2	4	2	2	4	1	1	30	62.5	Tinggi
19	Siswa 19	4	2	3	2	2	2	3	3	4	3	2	2	32	66.7	Tinggi
20	Siswa 20	3	4	3	3	4	2	3	2	3	2	2	1	32	66.7	Tinggi
21	Siswa 21	2	3	3	4	3	3	4	4	4	0	4	4	38	79.2	Tinggi
22	Siswa 22	1	2	3	4	1	3	4	3	1	1	4	2	29	60.4	Tinggi

No	Peserta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Nilai	Rentang
23	Siswa 23	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	2	2	34	70.8	Tinggi
24	Siswa 24	2	2	2	2	4	2	3	3	3	2	3	4	32	66.7	Tinggi
25	Siswa 25	4	3	2	2	2	2	1	2	2	3	2	2	27	56.3	Sedang
26	Siswa 26	4	4	1	3	1	2	3	2	1	1	4	0	26	54.2	Sedang
27	Siswa 27	3	4	4	2	4	4	4	3	3	3	2	2	38	79.2	Tinggi
28	Siswa 28	3	4	4	3	3	2	2	2	3	3	4	2	35	72.9	Tinggi
29	Siswa 29	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	4	4	29	60.4	Tinggi
30	Siswa 30	2	3	2	4	3	2	1	4	3	4	3	2	33	68.8	Tinggi

C. Kelompok Kontrol (DI)

No	Peserta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Nilai	Rentang
1	Siswa 1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	21	43.8	Sedang
2	Siswa 2	3	2	2	2	1	1	3	2	2	2	1	3	24	50.0	Sedang
3	Siswa 3	2	2	2	2	3	1	4	1	2	2	2	2	25	52.1	Sedang
4	Siswa 4	3	3	2	3	3	2	3	1	1	3	1	1	26	54.2	Sedang
5	Siswa 5	2	2	2	3	2	4	3	2	2	2	2	1	27	56.3	Sedang
6	Siswa 6	3	3	2	3	4	1	3	2	1	3	1	2	28	58.3	Sedang
7	Siswa 7	2	3	1	4	2	2	2	2	1	3	1	2	25	52.1	Sedang
8	Siswa 8	0	1	2	2	1	1	2	1	2	3	3	2	20	41.7	Sedang
9	Siswa 9	1	2	1	3	1	2	4	0	0	1	3	2	20	41.7	Sedang
10	Siswa 10	2	2	3	3	2	2	1	1	2	1	2	1	22	45.8	Sedang
11	Siswa 11	2	3	3	2	3	4	3	3	1	3	2	1	30	62.5	Tinggi
12	Siswa 12	2	3	3	2	1	3	3	2	2	3	3	1	28	58.3	Sedang
13	Siswa 13	2	3	3	4	2	2	2	1	1	2	0	1	23	47.9	Sedang
14	Siswa 14	4	4	2	2	3	1	1	2	2	3	2	2	28	58.3	Sedang
15	Siswa 15	1	3	3	2	3	1	3	2	1	3	1	1	24	50.0	Sedang
16	Siswa 16	2	4	2	4	3	3	2	1	2	2	1	0	25	52.1	Sedang
17	Siswa 17	4	1	2	2	3	3	4	2	2	3	1	1	28	58.3	Sedang
18	Siswa 18	2	3	2	3	4	3	1	1	2	1	1	0	23	47.9	Sedang
19	Siswa 19	2	3	3	2	2	1	2	2	2	2	1	0	21	43.8	Sedang
20	Siswa 20	0	0	3	3	2	4	4	3	0	4	2	4	29	60.4	Tinggi
21	Siswa 21	2	3	2	2	2	2	3	3	4	4	2	2	31	64.6	Tinggi
22	Siswa 22	4	3	2	2	2	4	3	2	1	3	2	2	30	62.5	Tinggi
23	Siswa 23	4	0	2	2	0	0	0	0	4	2	3	2	19	39.6	Rendah
24	Siswa 24	3	3	2	4	3	2	2	2	3	2	2	2	30	62.5	Tinggi
25	Siswa 25	2	3	1	3	4	3	1	2	1	2	1	0	23	47.9	Sedang
26	Siswa 26	3	2	1	2	3	1	2	1	1	4	0	0	20	41.7	Sedang
27	Siswa 27	2	3	2	4	3	3	2	2	2	3	2	1	29	60.4	Tinggi
28	Siswa 28	3	2	4	2	2	4	2	2	2	1	1	1	26	54.2	Sedang
29	Siswa 29	2	3	3	2	2	1	3	2	1	1	2	2	24	50.0	Sedang
30	Siswa 30	2	4	2	2	3	1	1	2	3	4	2	1	27	56.3	Sedang
31	Siswa 31	1	1	3	4	3	2	4	1	1	4	0	0	24	50.0	Sedang
32	Siswa 32	2	4	2	2	3	2	1	2	3	2	0	0	23	47.9	Sedang
33	Siswa 33	2	2	2	3	2	2	3	1	1	2	1	1	22	45.8	Sedang
34	Siswa 34	4	2	2	1	2	3	3	2	1	2	1	2	25	52.1	Sedang
35	Siswa 35	1	2	1	3	2	1	3	1	4	2	2	1	23	47.9	Sedang

Lampiran 4.4. Hasil *Posttest* pada setiap Dimensi Berpikir Kritis

A. Kelompok Eksperimen 1 (Model PBL berbantuan Simulasi PhET)

No	Nama	D1		TOT	D2		TOT	D3		TOT	D4		TOT	D5		TOT	D6		TOT
		1	2	AL	4	8	AL	3	10	AL	7	12	AL	5	6	AL	9	11	AL
1	Siswa 1	4	4	8	3	3	6	2	2	4	4	2	6	3	3	6	2	3	5
2	Siswa 2	3	4	7	4	3	7	2	4	6	3	2	5	4	3	7	3	2	5
3	Siswa 3	4	4	8	4	3	7	4	4	8	4	0	4	3	3	6	4	3	7
4	Siswa 4	3	3	6	4	2	6	3	4	7	2	0	2	2	2	4	4	1	5
5	Siswa 5	1	4	5	2	4	6	4	4	8	4	4	8	3	3	6	4	4	8
6	Siswa 6	4	4	8	3	3	6	4	4	8	4	2	6	3	3	6	0	0	0
7	Siswa 7	4	4	8	3	0	3	2	4	6	4	3	7	3	3	6	3	3	6
8	Siswa 8	4	4	8	3	0	3	4	4	8	4	0	4	4	3	7	4	3	7
9	Siswa 9	3	4	7	4	4	8	2	4	6	2	2	4	3	2	5	2	0	2
10	Siswa 10	4	4	8	4	0	4	0	4	4	4	0	4	3	1	4	4	3	7
11	Siswa 11	4	4	8	3	0	3	3	4	7	0	3	3	4	4	8	0	0	0
12	Siswa 12	4	4	8	4	4	8	4	4	8	4	4	8	2	3	5	0	0	0
13	Siswa 13	2	2	4	4	4	8	3	4	7	4	4	8	2	3	5	4	1	5
14	Siswa 14	4	0	4	4	0	4	4	4	8	4	0	4	0	4	4	4	4	8
15	Siswa 15	4	4	8	3	4	7	4	0	4	3	0	3	4	4	8	0	0	0
16	Siswa 16	0	4	4	3	0	3	3	4	7	4	3	7	2	3	5	3	4	7
17	Siswa 17	4	4	8	4	4	8	4	4	8	4	0	4	2	2	4	3	3	6
18	Siswa 18	4	4	8	4	0	4	3	4	7	4	0	4	3	4	7	0	0	0
19	Siswa 19	4	4	8	4	4	8	4	4	8	4	0	4	0	0	0	4	0	4
20	Siswa 20	2	3	5	3	2	5	3	2	5	3	2	5	3	3	6	3	2	5
21	Siswa 21	4	4	8	0	4	4	0	0	0	4	4	8	3	0	3	4	4	8
22	Siswa 22	4	0	4	4	4	8	4	4	8	4	4	8	0	4	4	4	3	7
23	Siswa 23	4	0	4	2	4	6	2	4	6	4	0	4	4	3	7	4	0	4
24	Siswa 24	3	2	5	4	3	7	3	4	7	4	4	8	2	3	5	4	0	4
25	Siswa 25	0	0	0	3	4	7	3	4	7	4	0	4	4	4	8	4	3	7
26	Siswa 26	2	4	6	2	3	5	4	2	6	2	2	4	4	3	7	3	3	6
27	Siswa 27	3	3	6	4	4	8	3	4	7	4	0	4	4	0	4	4	0	4
28	Siswa 28	3	2	5	2	2	4	2	4	6	4	3	7	2	2	4	2	4	6
29	Siswa 29	4	4	8	4	3	7	2	4	6	4	2	6	3	3	6	3	3	6
30	Siswa 30	4	4	8	3	4	7	3	4	7	4	0	4	3	4	7	0	3	3
31	Siswa 31	4	4	8	0	3	3	4	4	8	4	0	4	3	4	7	4	0	4
32	Siswa 32	3	2	5	3	4	7	2	4	6	4	2	6	4	4	8	2	4	6
33	Siswa 33	4	2	6	4	4	8	3	2	5	4	3	7	4	3	7	2	4	6
34	Siswa 34	4	4	8	2	3	5	0	4	4	4	3	7	2	4	6	0	4	4
35	Siswa 35	3	4	7	2	4	6	3	4	7	3	4	7	2	4	6	4	0	4
36	Siswa 36	4	4	8	4	2	6	2	3	5	4	3	7	4	2	6	2	4	6
RATA-RATA		6.50			5.89			6.36			5.42			5.67			4.78		

B. Kelompok Eksperimen 2 (Model PBL)

No	Nama	D1		TOT AL	D2		TOT AL	D3		TOT AL	D4		TOT AL	D5		TOT AL	D6		TOT AL
		1	2		4	8		3	10		7	12		5	6		9	11	
1	Siswa 1	2	2	4	4	2	6	4	4	8	4	2	6	2	2	4	4	3	7
2	Siswa 2	3	3	6	3	3	6	3	3	6	4	3	7	2	2	4	2	3	5
3	Siswa 3	2	2	4	2	3	5	4	4	8	4	2	6	2	3	5	4	3	7
4	Siswa 4	2	4	6	1	2	3	1	2	3	3	2	5	3	3	6	4	2	6
5	Siswa 5	2	3	5	2	4	6	1	4	5	3	4	7	3	3	6	4	3	7
6	Siswa 6	3	4	7	1	2	3	3	2	5	3	3	6	4	1	5	4	3	7
7	Siswa 7	1	2	3	1	1	2	0	3	3	4	3	7	3	3	6	4	4	8
8	Siswa 8	1	0	1	3	3	6	3	3	6	3	2	5	2	3	5	2	2	4
9	Siswa 9	2	2	4	3	2	5	4	4	8	2	2	4	2	3	5	2	2	4
10	Siswa 10	3	2	5	2	2	4	3	4	7	3	2	5	4	3	7	2	2	4
11	Siswa 11	3	4	7	1	1	2	3	2	5	1	3	4	2	4	6	2	2	4
12	Siswa 12	1	1	2	4	2	6	3	3	6	2	2	4	2	3	5	3	2	5
13	Siswa 13	3	3	6	4	3	7	1	2	3	2	3	5	2	1	3	2	2	4
14	Siswa 14	2	4	6	3	2	5	1	2	3	2	3	5	2	3	5	2	3	5
15	Siswa 15	3	3	6	3	3	6	3	2	5	2	1	3	4	3	7	2	2	4
16	Siswa 16	2	2	4	2	3	5	4	2	6	3	2	5	2	3	5	2	2	4
17	Siswa 17	4	4	8	2	2	4	3	2	5	2	0	2	1	1	2	2	2	4
18	Siswa 18	2	2	4	3	2	5	3	4	7	4	1	5	4	2	6	2	1	3
19	Siswa 19	4	2	6	2	3	5	3	3	6	3	2	5	2	2	4	4	2	6
20	Siswa 20	3	4	7	3	2	5	3	2	5	3	1	4	4	2	6	3	2	5
21	Siswa 21	2	3	5	4	4	8	3	0	3	4	4	8	3	3	6	4	4	8
22	Siswa 22	1	2	3	4	3	7	3	1	4	4	2	6	1	3	4	1	4	5
23	Siswa 23	2	2	4	2	4	6	3	4	7	4	2	6	2	3	5	4	2	6
24	Siswa 24	2	2	4	2	3	5	2	2	4	3	4	7	4	2	6	3	3	6
25	Siswa 25	4	3	7	2	2	4	2	3	5	1	2	3	2	2	4	2	2	4
26	Siswa 26	4	4	8	3	2	5	1	1	2	3	0	3	1	2	3	1	4	5
27	Siswa 27	3	4	7	2	3	5	4	3	7	4	2	6	4	4	8	3	2	5
28	Siswa 28	3	4	7	3	2	5	4	3	7	2	2	4	3	2	5	3	4	7
29	Siswa 29	2	2	4	2	2	4	2	2	4	3	4	7	2	2	4	2	4	6
30	Siswa 30	2	3	5	4	4	8	2	4	6	1	2	3	3	2	5	3	3	6
RATA-RATA		5.17			5.10			5.30			5.10			5.07			5.37		

C. Kelompok Kontrol (Model DI)

No	Nama	D1		TOT AL	D2		TOT AL	D3		TOT AL	D4		TOT AL	D5		TOT AL	D6		TOT AL
		1	2		4	8		3	10		7	12		5	6		9	11	
1	Siswa 1	2	1	3	2	1	3	2	2	4	1	2	3	2	2	4	2	2	4
2	Siswa 2	3	2	5	2	2	4	2	2	4	3	3	6	1	1	2	2	1	3
3	Siswa 3	2	2	4	2	1	3	2	2	4	4	2	6	3	1	4	2	2	4
4	Siswa 4	3	3	6	3	1	4	2	3	5	3	1	4	3	2	5	1	1	2
5	Siswa 5	2	2	4	3	2	5	2	2	4	3	1	4	2	4	6	2	2	4
6	Siswa 6	3	3	6	3	2	5	2	3	5	3	2	5	4	1	5	1	1	2
7	Siswa 7	2	3	5	4	2	6	1	3	4	2	2	4	2	2	4	1	1	2
8	Siswa 8	0	1	1	2	1	3	2	3	5	2	2	4	1	1	2	2	3	5
9	Siswa 9	1	2	3	3	0	3	1	1	2	4	2	6	1	2	3	0	3	3
10	Siswa 10	2	2	4	3	1	4	3	1	4	1	1	2	2	2	4	2	2	4
11	Siswa 11	2	3	5	2	3	5	3	3	6	3	1	4	3	4	7	1	2	3
12	Siswa 12	2	3	5	2	2	4	3	3	6	3	1	4	1	3	4	2	3	5
13	Siswa 13	2	3	5	4	1	5	3	2	5	2	1	3	2	2	4	1	0	1
14	Siswa 14	4	4	8	2	2	4	2	3	5	1	2	3	3	1	4	2	2	4
15	Siswa 15	1	3	4	2	2	4	3	3	6	3	1	4	3	1	4	1	1	2
16	Siswa 16	2	4	6	4	1	5	2	2	4	2	0	2	3	3	6	1	1	2
17	Siswa 17	4	1	5	2	2	4	2	3	5	4	1	5	3	3	6	2	1	3
18	Siswa 18	2	3	5	3	1	4	2	1	3	1	0	1	4	3	7	2	1	3
19	Siswa 19	2	3	5	2	1	3	3	2	5	2	0	2	2	1	3	2	1	3
20	Siswa 20	0	0	0	3	3	6	3	4	7	4	4	8	2	4	6	0	2	2
21	Siswa 21	2	3	5	2	3	5	2	4	6	3	2	5	2	2	4	4	2	6
22	Siswa 22	4	3	7	2	2	4	2	3	5	3	2	5	2	4	6	1	2	3
23	Siswa 23	4	0	4	2	0	2	2	2	4	0	2	2	0	0	0	4	3	7
24	Siswa 24	3	3	6	4	2	6	2	2	4	2	2	4	3	2	5	3	2	5
25	Siswa 25	2	3	5	3	2	5	1	2	3	1	0	1	4	3	7	1	1	2
26	Siswa 26	3	2	5	2	1	3	1	4	5	2	0	2	3	1	4	1	0	1
27	Siswa 27	2	3	5	4	2	6	2	3	5	2	1	3	3	3	6	2	2	4
28	Siswa 28	3	2	5	2	2	4	4	1	5	2	1	3	2	4	6	2	1	3
29	Siswa 29	2	3	5	2	2	4	3	1	4	3	2	5	2	1	3	1	2	3
30	Siswa 30	2	4	6	2	2	4	2	4	6	1	1	2	3	1	4	3	2	5
31	Siswa 31	1	1	2	4	1	5	3	4	7	4	0	4	3	2	5	1	0	1
32	Siswa 32	2	4	6	2	2	4	2	2	4	1	0	1	3	2	5	3	0	3
33	Siswa 33	2	2	4	3	1	4	2	2	4	3	1	4	2	2	4	1	1	2
34	Siswa 34	4	2	6	1	2	3	2	2	4	3	2	5	2	3	5	1	1	2
35	Siswa 35	1	2	3	3	1	4	1	2	3	3	1	4	2	1	3	4	2	6
36	Siswa 36	2	1	3	2	1	3	2	2	4	1	2	3	2	2	4	2	2	4
RATA-RATA		4.66			4.20			4.63			3.71			4.49			3.26		

Lampiran 4.5. *Output* SPSS Analisis Uji Normalitas Data

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Model Pembelajaran	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pretest	PBL PHET	.093	36	.200 [*]	.964	36	.287
	PBL	.155	30	.063	.944	30	.114
	DI	.177	35	.007	.940	35	.055
Posttest	PBL PHET	.127	36	.155	.954	36	.139
	PBL	.161	30	.045	.962	30	.340
	DI	.107	35	.200 [*]	.963	35	.276

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Uji normalitas sebaran data dilakukan menggunakan statistik *Shapiro–Wilk* dengan bantuan program SPSS versi 27. Uji *Shapiro–Wilk* dipilih karena jumlah sampel pada masing-masing kelompok kurang dari 50 responden, sehingga lebih sesuai digunakan untuk sampel berukuran kecil. Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari taraf signifikansi yang ditetapkan, yaitu $\alpha = 0,05$. Berdasarkan hasil *Test of Normality* pada tabel di atas, nilai signifikansi *Shapiro–Wilk* pada kelompok eksperimen PBL berbantuan simulasi PhET menunjukkan bahwa data *pretest* memiliki nilai Sig. sebesar 0,287, sedangkan data *posttest* memiliki nilai Sig. sebesar 0,139. Pada kelompok eksperimen PBL, nilai signifikansi untuk *pretest* sebesar 0,114, serta untuk *posttest* sebesar 0,340. Sementara itu, pada kelompok kontrol (DI), nilai signifikansi *pretest* sebesar 0,055, serta *posttest* sebesar 0,276. Seluruh nilai signifikansi pada masing-masing kelompok menunjukkan nilai lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data hasil keterampilan berpikir kritis berdistribusi normal pada ketiga kelompok, baik sebelum maupun setelah perlakuan, sehingga uji asumsi normalitas terpenuhi.

Lampiran 4.6. *Output* SPSS Analisis Uji Homogenitas Data

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Pretest	Based on Mean	.553	2	98	.577
	Based on Median	.631	2	98	.534
	Based on Median and with adjusted df	.631	2	93.819	.535
	Based on trimmed mean	.562	2	98	.572
Posttest	Based on Mean	.082	2	98	.921
	Based on Median	.062	2	98	.939
	Based on Median and with adjusted df	.062	2	97.417	.939
	Based on trimmed mean	.078	2	98	.925

Uji homogenitas varians dilakukan menggunakan *Levene's Test of Equality of Variances* dengan bantuan program SPSS versi 27. Uji Levene dipilih karena bersifat robust terhadap penyimpangan dari normalitas data. Kriteria pengujian yang digunakan adalah data dikatakan memiliki varians yang homogen apabila nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari taraf signifikansi yang ditetapkan, yaitu $\alpha = 0,05$. Berdasarkan hasil *Test of Homogeneity of Variances* pada tabel di atas, diperoleh nilai signifikansi uji *Levene* skor *pretest* berdasarkan *Based on Mean* sebesar 0,577. Sementara itu, hasil uji homogenitas skor *posttest* berdasarkan *Based on Mean* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,921. Karena seluruh nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa varians data *pretest* maupun *posttest* pada ketiga kelompok bersifat homogen. Dengan demikian, asumsi homogenitas varians sebagai salah satu prasyarat analisis statistik parametrik telah terpenuhi.

Lampiran 4.7. *Output* SPSS Analisis Uji Linearitas

ANOVA Table			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Posttest * Pretest	Between Groups	(Combined)	2415.699	15	161.047	1.410	.161
		Linearity	595.658	1	595.658	5.216	.025
		Deviation from Linearity	1820.041	14	130.003	1.138	.338
	Within Groups		9707.473	85	114.206		
	Total		12123.173	100			

Pedoman pengujian linieritas dilakukan dengan memperhatikan nilai signifikansi pada lajur *Deviation from Linearity* untuk melihat ada tidaknya penyimpangan dari hubungan linier, serta lajur *Linearity* untuk melihat keberartian arah regresi. Data dikatakan memiliki hubungan linier apabila nilai signifikansi pada lajur *Deviation from Linearity* lebih besar dari 0,05. Sementara itu, arah regresi dikatakan signifikan apabila nilai signifikansi pada lajur *Linearity* lebih kecil dari 0,05. Berdasarkan ANOVA Table di atas, diperoleh nilai signifikansi pada lajur *Deviation from Linearity* sebesar 0,338, yang lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat penyimpangan dari hubungan linier, sehingga hubungan antara skor *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis siswa bersifat linier. Selanjutnya, nilai signifikansi pada lajur *Linearity* sebesar 0,025, yang lebih kecil dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa arah regresi antara keterampilan berpikir kritis awal (*pretest*) dan keterampilan berpikir kritis setelah perlakuan (*posttest*) signifikan secara statistik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa hubungan antara keterampilan berpikir kritis awal siswa dan keterampilan berpikir kritis setelah perlakuan bersifat linier serta memiliki arah hubungan yang signifikan, sehingga uji asumsi linieritas terpenuhi sebagai prasyarat analisis lanjutan.

Lampiran 4.8. Output SPSS Analisis Uji Analisa Kovarian (ANAKOVA) Satu Jalur

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Model Pembelajaran	1	PBL PHET	36
	2	PBL	30
	3	DI	35

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Posttest

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7863.846 ^a	3	2621.282	59.696	.000
Intercept	28490.093	1	28490.093	648.821	.000
Pretest	519.941	1	519.941	11.841	.001
Model_Pembelajaran	7268.188	2	3634.094	82.761	.000
Error	4259.326	97	43.911		
Total	412406.487	101			
Corrected Total	12123.173	100			

a. R Squared = .649 (Adjusted R Squared = .638)

Uji Analisis ANAKOVA satu jalur dilakukan dengan bantuan program SPSS versi 27 untuk mengetahui perbedaan keterampilan berpikir kritis siswa antar kelompok pembelajaran dengan mengontrol variabel kovariat, yaitu skor *pretest*. Kriteria pengujian yang digunakan adalah hipotesis alternatif (H_a) diterima dan hipotesis nol (H_0) ditolak apabila nilai signifikansi lebih kecil dari taraf signifikansi yang ditetapkan, yaitu $\alpha = 0,05$. Berdasarkan hasil *Tests of Between-Subjects Effects*, diperoleh bahwa nilai signifikansi pada faktor Model Pembelajaran sebesar 0,000, yang lebih kecil dari 0,05, dengan nilai $F_{hitung} = 82,761$. Hal ini menunjukkan bahwa setelah dikontrol oleh skor *pretest*, terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik pada keterampilan berpikir kritis siswa (*posttest*) antar kelompok pembelajaran. Selain itu, variabel kovariat *pretest* juga memiliki pengaruh

signifikan terhadap skor *posttest*, dengan nilai signifikansi sebesar 0,001 dan $F_{hitung} = 11,841$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran fisika di SMA antara kelas yang dibelajarkan menggunakan model PBL berbantuan PhET, model PBL, dan model DI.



Lampiran 4.9. Analisis Uji LSD (*Least Significant Difference*)

Estimates

Dependent Variable: Posttest

Model Pembelajaran	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
PBL PHET	72.384 ^a	1.107	70.186	74.582
PBL	64.149 ^a	1.224	61.720	66.579
DI	52.230 ^a	1.123	50.001	54.458

a. Covariates appearing in the model are evaluated at the following values:
Pretest = 20.8334.

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Posttest

(I) Model Pembelajaran	(J) Model Pembelajaran	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
PBL PHET	PBL	8.235 [*]	1.660	.000	4.191	12.279
	DI	20.155 [*]	1.573	.000	16.322	23.987
PBL	PBL PHET	-8.235 [*]	1.660	.000	-12.279	-4.191
	DI	11.920 [*]	1.670	.000	7.852	15.988
DI	PBL PHET	-20.155 [*]	1.573	.000	-23.987	-16.322
	PBL	-11.920 [*]	1.670	.000	-15.988	-7.852

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.



Univariate Tests

Dependent Variable: Posttest

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	7268.188	2	3634.094	82.761	.000
Error	4259.326	97	43.911		

The F tests the effect of Model Pembelajaran. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

Berdasarkan *output* SPSS di atas, perbedaan nilai rata-rata keterampilan berpikir kritis siswa pada ketiga model pembelajaran, yaitu PBL berbantuan simulasi PhET, PBL, dan DI, dianalisis menggunakan uji *Least Significant Difference* (LSD). Jumlah sampel pada kelompok eksperimen pertama (model PBL-PhET) adalah 36 siswa, kelompok eksperimen kedua (model PBL) adalah 30

siswa, dan kelompok kontrol (model DI) adalah 35 siswa, sehingga jumlah total sampel $N = 101$. Jumlah kelompok perlakuan yang digunakan $a = 3$ dan taraf signifikansi yang digunakan $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu, diperoleh nilai statistik t tabel $= t_{(0,025;98)} = 1,984$. Berdasarkan analisis diperoleh nilai $MS_e = 43,911$, sehingga nilai LSD yaitu:

$$LSD = \frac{t_{\alpha}}{2}, N - a \sqrt{MS_E \frac{1}{n_i} \frac{1}{n_j} \frac{1}{n_k}}$$

$$LSD = 1,984 \sqrt{43,911 \frac{1}{36} \frac{1}{30} \frac{1}{35}}$$

$$LSD = 1,984 \sqrt{43,911(0,08968)}$$

$$LSD = 1,984 \sqrt{3,939}$$

$$LSD = 1,984(1,984)$$

$$LSD = 3,936$$

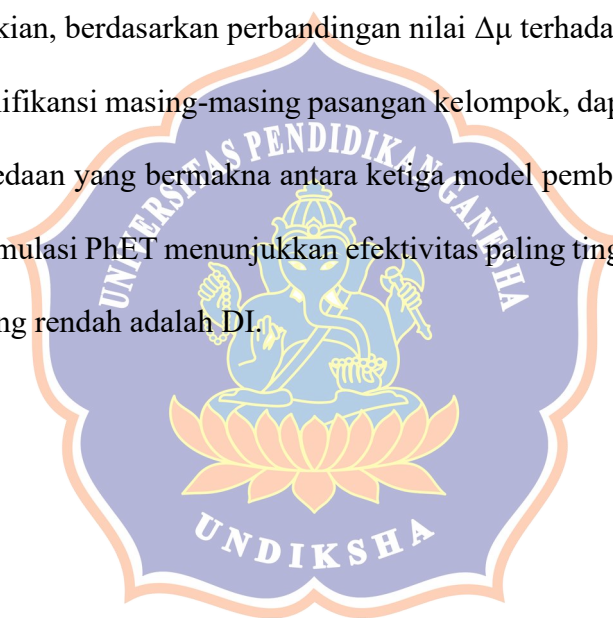
Berdasarkan uji analisis dan perhitungan nilai LSD yang diperoleh sebesar 3,936, selanjutnya dibandingkan dengan selisih rata-rata antar kelompok pada hasil *pairwise comparisons*.

1. Perbedaan antara kelompok PBL berbantuan PhET dan PBL sebesar 8,235 dengan nilai signifikansi 0,000. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 dan selisih rata-rata ($\Delta\mu = 8,235$) lebih besar dari nilai LSD (3,936), maka perbedaan tersebut signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa yang dibelajarkan menggunakan model PBL berbantuan simulasi PhET secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan menggunakan model PBL.
2. Perbedaan antara kelompok PBL berbantuan PhET dan DI sebesar 20,155 dengan nilai signifikansi 0,000. Nilai $\Delta\mu$ jauh lebih besar daripada LSD (20,155

$> 3,936$) dan $p < 0,05$, sehingga perbedaannya sangat signifikan. Artinya, model PBL berbantuan PhET menghasilkan keterampilan berpikir kritis yang secara nyata lebih tinggi dibandingkan model DI.

3. Perbedaan antara kelompok PBL dan DI sebesar 11,920 dengan nilai signifikansi 0,000. Karena selisih rata-rata juga lebih besar dari LSD ($11,920 > 3,936$) dan $p < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa model PBL secara signifikan lebih efektif dibandingkan DI dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Dengan demikian, berdasarkan perbandingan nilai $\Delta\mu$ terhadap LSD dan didukung oleh nilai signifikansi masing-masing pasangan kelompok, dapat ditegaskan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antara ketiga model pembelajaran. Model PBL berbantuan simulasi PhET menunjukkan efektivitas paling tinggi, diikuti oleh PBL, dan yang paling rendah adalah DI.



LAMPIRAN V
DOKUMENTASI PELAKSANAAN PENELITIAN

Lampiran 5.1	Dokumentasi Pelaksanaan Uji Coba Instrumen
Lampiran 5.2	Dokumentasi Pelaksanaan <i>Pretest</i>
Lampiran 5.3	Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian
Lampiran 5.4	Dokumentasi Pelaksanaan <i>Posttest</i>



Lampiran 5.1 Dokumentasi Pelaksanaan Uji Coba Instrumen



Uji Coba Instrumen Penelitian di Kelas XII-1 SMA Negeri 1 Seririt



Uji Coba Instrumen Penelitian di Kelas XII-2 SMA Negeri 1 Seririt



Uji Coba Instrumen Penelitian di Kelas XII-4 SMA Negeri 1 Seririt

Lampiran 5.2 Dokumentasi Pelaksanaan *Pretest*



Pelaksanaan *Pretest* Kelompok Eksperimen 1 (model PBL-PhET)



Pelaksanaan *Pretest* Kelompok Eksperimen 2 (model PBL)



Pelaksanaan *Pretest* Kelompok Kontrol (model DI)

Lampiran 5.3 Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian

A. Kelompok Eksperimen 1 (Model PBL-PhET)



Pertemuan 2



Pertemuan 3



Pertemuan 4

B. Kelompok Eksperimen 2 (Model PBL)



Pertemuan 1



Pertemuan 2



Pertemuan 3



Pertemuan 4

C. Kelompok Kontrol (Model DI)



Pertemuan 1



Pertemuan 2
UNDIKSHA



Pertemuan 3



Pertemuan 4



Lampiran 5.4 Dokumentasi Pelaksanaan *Posttest*



Pelaksanaan *Posttest* Kelompok Eksperimen 1 (model PBL-PhET)



Pelaksanaan *Posttest* Kelompok Eksperimen 2 (model PBL)



Pelaksanaan *Posttest* Kelompok Kontrol (model DI)

LAMPIRAN VI
SURAT ADMINISTRASI PENELITIAN

Lampiran 6.1	Surat Keterangan Uji Coba Instrumen
Lampiran 6.2	Surat Keterangan Penelitian



Lampiran 6.1 Surat Keterangan Uji Coba Instrumen



SURAT KETERANGAN

No: B.10.000.9/250/SMAN1Seririt/DIKPORA

Yang bertandatangan dibawah ini Kepala SMA Negeri 1 Seririt menerangkan bahwa :

Nama	: Pande Made Laksmi Puja Rastiti
NIM	: 2213021004
Program Studi	: Pendidikan Fisika
Fakultas	: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas	: Universitas Pendidikan Ganesha
Keterangan	: Menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah melakukan uji coba instrumen tes keterampilan berpikir kritis dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Model <i>Problem Based Learning</i> Berbantuan Simulasi <i>PhET</i> Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA” di kelas XII.1, XII.2 dan XII.4 dari tanggal 19 Januari 2026 sampai tanggal 21 Januari 2026.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Seririt, 21 Januari 2026



Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik (TTE).
Scan QR Code untuk informasi TTE.
Upload file pada <https://bsse.kemendikgo.id/verifyPDF> untuk cek keaslian file.



Lampiran 6.2 Surat Keterangan Penelitian



PEMERINTAH PROVINSI BALI
SMA NEGERI 1 SINGARAJA
Alamat: Jalan Pramuka No. 4 Singaraja, Telp. (0362) 22144, Fax (0362) 32193
 Laman : www.smanasingaraja.sch.id, Pos el : info@smanasingaraja.sch.id



SURAT KETERANGAN

Nomor : B.10.400.7.22.1/575/SMAN 1 SGR/DIKPORA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Made Sri Astiti, S.Pd., M.Pd.
NIP	: 19680824 199702 2 003
Pangkat/Gol.	: Pembina Utama Muda/IVc
Jabatan	: Kepala SMA Negeri 1 Singaraja

Dengan ini menerangkan dengan sebenarnya bahwa mahasiswa berikut :

Nama	: Pande Made Laksmi Puja Rastiti
NIM	: 2213021004
Program Studi	: SI Pendidikan Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi	: Universitas Pendidikan Ganesha
Judul Penelitian	: Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Simulasi PhET Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA

Memang benar telah melakukan pengumpulan data penelitian untuk skripsi pada tanggal 26 Januari 2026 s.d. 05 Februari 2026 di SMA Negeri 1 Singaraja.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Singaraja, 05 Februari 2026

Kepala Sekolah,



Made Sri Astiti, S.Pd., M.Pd.
NIP. 19680824 199702 2 003

RIWAYAT HIDUP



Pande Made Laksmi Puja Rastiti lahir di Wanasari Tengah pada tanggal 02 Agustus 2004. Penulis lahir dari pasangan suami istri Bapak I Nyoman Sunarta dan Ibu Ni Ketut Sri Rastiti. Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Hindu. Kini penulis beralamat di Banjar Wanasari Tengah, Desa Wanasari, Kecamatan Tabanan, Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD N 1 Wanasari dan lulus pada tahun 2016. Kemudian penulis melanjutkan di SMP N 2 Tabanan dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun 2022, penulis lulus dari SMA N 1 Penebel dan melanjutkan ke jenjang Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Pendidikan Ganesha pada tahun 2022. Pada semester 8 tahun 2026, penulis telah menyelesaikan Skripsi yang berjudul <Pengaruh Model *Problem Based Learning* Berbantuan Simulasi PhET terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA=. Selanjutnya, mulai dari tahun 2022 sampai dengan penulisan skripsi ini, penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa aktif Program Studi S1 Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Ganesha.

