Kegiatan Pembelajaran 5

Konsep Debit dan Gaya Angkat Pesawat berdasarkan Hukum Bernoulli

Fluida tidak hanya berperan dalam kehidupan sehari-hari melalui aliran air di keran atau sungai, tetapi juga memiliki peran penting dalam dunia teknologi dan penerbangan. Salah satu konsep penting dalam dinamika fluida adalah hukum Bernoulli, yang menjelaskan bahwa kecepatan aliran fluida berbanding terbalik dengan tekanan yang ditimbulkannya. Prinsip ini menjadi dasar dari gaya angkat pesawat, di mana perbedaan kecepatan aliran udara di atas dan bawah sayap menciptakan perbedaan tekanan, menghasilkan gaya yang mampu mengangkat pesawat dari tanah meskipun bobotnya sangat besar.



Gambar 5.1 Ilustrasi Aliran Sungai
Sumber: Canva

Pertanyaan

1. Mengapa pesawat dapat terbang di udara meskipun bobotnya sangat berat?
2. Apa yang terjadi jika udara yang mengalir di atas sayap pesawat lebih lambat dibandingkan udara di bawah sayap?
3. Bagaimana hubungan antara kecepatan udara dengan tekanan yang dialami oleh sayap pesawat?

Konsep debit — yaitu jumlah volume fluida yang mengalir dalam waktu tertentu — juga berperan penting dalam mendesain sistem aliran udara yang efisien pada pesawat. Dengan memahami keterkaitan antara kecepatan, tekanan, dan debit, kita dapat menjelaskan bagaimana pesawat dapat mengudara dan bermanuver dengan stabil.

Mari kita renungkan pertanyaan-pertanyaan berikut ini sebagai langkah awal eksplorasi kita:

Problem Exploration

Amati VIdeo tentang tekanan hidrostatik dan gaya apung berikut ini



Video 5.1 Aplikasi Teori Pesawat Dalam Konsep Fisika
Sumber: https://www.youtube.com/watch?v=8ylzvg1xdzs&ab_channel=LabIPA

Setelah menonton video di atas dengan teman kelompok mu, mari lanjutkan kegiatan pembelajaran dengan mengikuti langkah berikut.

Mengamati Fenomena dan identifikasi permasalahan

Mengamati dengan seksama fenomena penerbangan pesawat, lalu catat hasil pengamatan anda dan identifikasi permasalahan yang muncul

Tabel 5.1. Fenomena dan Permasalahan

Fenomena yang diamati	Permasalahan yang muncul
Sayap pesawat memiliki bentuk melengkung di bagian atas dan datar di bagian bawah	Mengapa bentuk sayap harus melengkung di atas? Apa pengaruh bentuk ini terhadap kecepatan dan tekanan udara?

Mengajukan Pertanyaan Berbasis Proyek dan Rekayasa

Ajukan minimal satu pertanyaan yang dapat mengarah pada solusi berbasis proyek dan rekayasa terkait konsep debit dan prinsip gaya angkat pesawat berdasarkan hukum bernoulli.

Tabel 5.2. Pertanyaan berbasis proyek dan rekayasa

Pertanyaan diajukan	Solusi berbasis proyek dan rekayasa
Bagaimana merancang bentuk sayap yang dapat menghasilkan gaya angkat maksimal dengan kecepatan udara minimum?	Mendesain dan menguji berbagai bentuk miniatur sayap menggunakan blower atau kipas angin, lalu mengamati pengaruh kecepatan udara terhadap gaya angkat.

Rencana dan Tindakan

Setelah merumuskan pertanyaan dari fenomena yang diamati, tuliskan tujuan yang ingin kamu capai. Selanjutnya, buatlah rencana tindakan yang akan kamu lakukan untuk mencapai tujuan tersebut.

Tabel 5.3. Rencana dan Tindakan

Rencana	Tindakan
Sayap yang memiliki lengkungan lebih besar di bagian atas menghasilkan gaya angkat lebih besar meskipun dengan kecepatan udara rendah	Hukum Bernoulli: Udara yang mengalir lebih cepat di atas sayap menciptakan tekanan lebih rendah, sehingga terjadi gaya angkat dari bawah

Dokumentasi Hasil Observasi

Dokumentasikan hasil observasi anda dalam salah satu format berikut:

Teks: Deskripsi singkat tentang hasil pengamatan
Gambar/Diagram: Sketsa sederhana tentang peristiwa dalam video
Grafik/Perhitungan Matematis: Jika memungkinkan, buat grafik hubungan tekanan dan kedalaman

Pilih File **Unggah Dokumentasi disini**
Upload File maksimal 10 Mb

Representation Structuring



Pada kegiatan pembelajaran sebelumnya anda telah mengetahui makna dari representasi. Maka dari itu, mari kita lanjutkan pembelajaran dengan mengikuti langkah berikut ini.

Analisis Permasalahan dengan Berbagai Representasi

Lengkapi tabel berikut berdasarkan konsep debit dan prinsip gaya angkat pesawat berdasarkan hukum Bernoulli.

Tabel 5.4. Analisis Permasalahan dengan Representasi

Posisi Sayap	Kecepatan Udara (atas sayap/ bawah sayap)	Tekanan Udara (tinggi/rendah)
Atas sayap		
Bawah sayap		

Telusuri Informasi dari Berbagai Sumber

Untuk memperdalam pemahamanmu tentang hukum bernoulli silakan telusuri informasi dari berbagai sumber tepercaya. Kamu dapat menggunakan buku paket Fisika SMA, jurnal ilmiah dari Google Scholar atau Scopus, penjelasan visual di Khan Academy, artikel ensiklopedia di Wikipedia, atau e-book dari Z-Library. Catat informasi penting yang kamu temukan, lalu hubungkan dengan fenomena yang diamati dalam eksperimen.

Tabel 5.5. Informasi dari Berbagai Sumber

Sumber Referensi	Topik/Informasi ditemukan	Relevansi dengan Materi
Buku Fisika SMA Kelas XI	Penurunan tekanan ketika kecepatan fluida meningkat; contoh aliran dalam pipa dan sayap pesawat	Memberikan dasar pemahaman tentang hubungan antara tekanan, kecepatan, dan luas penampang

Diskusi dan Perbandingan Strategi

Diskusikan dan bandingkan berbagai strategi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah konsep debit dan prinsip gaya angkat pesawat berdasarkan hukum Bernoulli

Tabel 5.6. Diskusi dan Perbandingan Strategi

Pertanyaan	Jawaban/Strategi Penyelesaian
Bagaimana cara membuktikan bahwa kecepatan udara memengaruhi tekanan di atas dan bawah sayap?	Melakukan eksperimen menggunakan blower dan dua lembar kertas untuk menunjukkan bahwa aliran udara cepat mengurangi tekanan di antara keduanya (demonstrasi Bernoulli sederhana).

Hipotesis dan Prediksi

Buatlah prediksi atau hipotesis berdasarkan konsep debit dan prinsip gaya angkat pesawat menurut Hukum Bernoulli yang dapat diuji dalam eksperimen lanjutan. Sajikan dalam bentuk visual, numerik, atau deskriptif agar mudah dipahami dan dianalisis.

Tabel 5.7. Hipotesis dan Prediksi

Hipotesis	Variabel diamati	Prediksi

Pilih File — Unggah hipotesis dalam format visual, numerik atau deskriptif
Upload File maksimal 10 Mb

Investigative Reasoning

Pada tahap ini kita akan melakukan eksperimen **"Jarum Terapung"**, mari kita pahami bahwa setiap cairan memiliki sifat khas seperti tegangan permukaandan viskositas yang memengaruhi perilakunya. Dalam kegiatan ini, kita akan mengamati bagaimana tegangan permukaan memungkinkan benda ringan mengapung di atas air, minyak, dan madu, serta menguji bagaimana viskositas mempengaruhi kecepatan aliran benda kecil dalam berbagai cairan.

Eksperimen Menguji Gaya Angkat Sayap Pesawat melalui Prinsip Bernoulli

Tujuan Eksperimen

Mendemonstrasikan bagaimana perbedaan kecepatan aliran udara di atas dan bawah permukaan sayap menghasilkan perbedaan tekanan yang menyebabkan gaya angkat, sesuai dengan prinsip Bernoulli.

Alat dan Bahan

1. Kertas atau plastik transparan (dibentuk menyerupai profil sayap pesawat/airfoil)
2. Kipas angin atau alat tiup (bisa menggunakan hair dryer atau mulut)
3. Stopwatch
4. Mistar/penggaris (untuk mengukur posisi awal/tinggi sayap)
5. Penyangga atau tangan untuk menahan sayap pada posisi tetap

Langkah Eksperimen

1. Bentuk kertas atau plastik transparan menyerupai airfoil (sayap pesawat) – bagian atas melengkung, bagian bawah datar.
2. Pegang atau letakkan sayap pada posisi horizontal dan stabil, bisa menggunakan penyangga atau tangan.
3. Arahkan aliran udara dari kipas atau tiupan ke bagian atas sayap.
4. Amati apakah terjadi pergerakan atau gaya angkat pada sayap.
5. Ulangi langkah yang sama dengan aliran udara diarahkan ke bagian bawah sayap.
6. Rasakan dan catat perbedaan gaya yang dirasakan pada arah tiupan atas dan bawah.
7. Ukur dan catat jika terjadi perubahan posisi atau ketinggian pada sayap.
8. Lakukan pengulangan jika diperlukan, lalu isikan hasil ke dalam tabel hasil eksperimen.

Dokumentasikan Hasil Eksperimen

Pada tahap ini, kamu akan mencatat hasil eksperimen "Gaya Angkat Pesawat" untuk mengamati bagaimana tegangan permukaan memengaruhi kemampuan cairan menopang benda ringan. Setiap cairan memiliki sifat yang berbeda, dan hasil pengamatan akan membantu kamu memahami perbedaan tersebut secara ilmiah.

Tabel 5.8. Hasil Eksperimen

Kondisi Percobaan	Waktu Percobaan (detik)	Kecepatan Udara (tinggi/sedang/rendah)	Gaya Angkat (terjadi/tidak terjadi)
Udara diatas sayap			
Udara dibawah sayap			

Setelah mengisi tabel hasil eksperimen selanjutnya jawab pertanyaan dibawah ini:

1. Bandingkan efek dari meniupkan udara diatas dan dibawah sayap terhadap gaya angkat yang diamati
2. Diskusikan hubungan antara kecepatan aliran udara dan terjadinya agaya angkat pada sayap
3. Jelaskan bagaimana perbedaan kecepatan udara menghasilkan perbedaan tekanan yang menyebabkan gaya angkat pada sayap pesawat berdasarkan hasil eksperimen

Jawaban



Membuat Gtrafik Hubungan Antar Variabel

1. Gunakan data yang telah kamu kumpulkan dari eksperimen "Gaya Angkat Pesawat" untuk membuat grafik hubungan waktu percobaan dan kecepatan udara.
2. Gunakan software Microsoft Excel, Google Spreadsheet, atau GeoGebra untuk membuat grafik visual yang jelas.
3. Ajukan pertanyaan kritis dari grafik dan data yang kamu peroleh untuk mengaitkan konsep debit dan gaya angkat pesawat berdasarkan hukum bernoulli

Pilih File **Unggah grafik dalam format file gambar atau PDF**
Upload File maksimal 10 Mb

Analisis Tren dalam Grafik

1. Analisis tren yang muncul dalam grafik untuk melihat bagaimana perubahan variabel dalam eksperimen Gaya Angkat Pesawat memengaruhi debit fluida dan gaya angkat, sesuai dengan Hukum Bernoulli. Bandingkan data yang diperoleh dengan teori debit fluida dan prinsip Bernoulli agar kamu dapat menarik kesimpulan secara ilmiah.
2. Bandingkan hasil eksperimen dengan teori-teori berikut: **Debit fluida berhubungan dengan kecepatan aliran**, di mana debit akan meningkat jika kecepatan fluida meningkat. **Hukum Bernoulli** menyatakan bahwa pada aliran fluida yang bergerak, peningkatan kecepatan fluida akan menyebabkan penurunan tekanan statis (prinsip gaya angkat). **Luas penampang** aliran berpengaruh pada kecepatan fluida dan tekanan yang dihasilkan, sehingga mempengaruhi gaya angkat pesawat.
3. Jawab beberapa pertanyaan berikut untuk memperkuat analisis:
   - Bagaimana hubungan antara debit fluida dan kecepatan aliran pada sayap pesawat?
   - Bagaimana perubahan luas penampang memengaruhi tekanan dan gaya angkat?
   - Apakah hasil eksperimen mendukung teori Hukum Bernoulli? Jelaskan alasannya.

Jawaban

Scientific Modelling

1. Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis data, buatlah model sayap pesawat sederhana dari kertas atau plastik transparan. Model dapat dibuat secara mandiri tanpa tools digital maupun menggunakan software seperti SketchUp, Tinkercad, Blender, Fusion 360, atau SolidWorks.
2. Dokumentasikan model dalam bentuk deskripsi atau visual, serta langkah-langkah pembuatannya melalui diagram, deskripsi tertulis, atau foto/video.

Pilih File

Unggah link video dan cara kerja model

Uploud File maksimal 10 Mb

Model Assesment

Uji Model dalam Kondisi Nyata atau Simulasi

Setelah merancang model sayap pesawat baik secara fisik (menggunakan kertas atau plastik transparan) maupun digital (menggunakan software seperti SketchUp, Tinkercad, Blender, Fusion 360, atau SolidWorks), lakukan uji coba untuk mengamati bagaimana perbedaan kecepatan aliran udara memengaruhi gaya angkat yang dihasilkan.

Jika kamu menggunakan model fisik, lakukan eksperimen dengan cara meniupkan udara atau menggunakan kipas angin dari arah atas dan bawah sayap. Amati perbedaan gaya angkat yang timbul. Gunakan stopwatch dan penggaris untuk membantu mengukur waktu reaksi atau perubahan posisi sayap secara kasar.

Jika kamu menggunakan model digital atau diagram teknis, lakukan simulasi aliran udara dengan memvariasikan kondisi, seperti:

- Mengubah sudut serang (angle of attack),
- Mengatur kecepatan aliran udara di atas dan bawah sayap,
- Mencoba beberapa bentuk profil sayap (airfoil),
- Membandingkan hasil simulasi terhadap distribusi tekanan dan arah gaya angkat.

Menyajikan Data Hasil Uji dalam Grafik, Tabel, atau Laporan Analisis

Catat hasil pengujian ke dalam tabel berikut

Tabel 5.9. Hasil Pengujian

Variasi Kondisi	Hasil Pengujian	Evaluasi

Setelah mengisi tabel di atas, langkah selanjutnya adalah membandingkan serta mengidentifikasi model sebagai berikut

1. Bandingkan hasil uji coba dengan teori yang sudah dipelajari
2. Identifikasi bagian model yang perlu diperbaiki atau disempurnakan

Pilih File **Unggah data hasil uji coba**
Upload File maksimal 10 Mb

Adaptive Reflection



Analisis Hasil Evaluasi dan Perbaikan

1. Tinjau kembali hasil evaluasi pada model sayap dari tahap Model Assessment.
2. Identifikasi kelemahan dan kekurangan yang ditemukan dalam eksperimen atau model.
3. Diskusikan penerapan prinsip gaya angkat dalam kehidupan nyata seperti desain pesawat terbang dan baling-baling helikopter.

Tabel 5.10. Evaluasi dan Perbaikan

Masalah yang ditemui	Kemungkinan Penyebab	Rekomendasi Perbaikan
Sayap tidak menunjukkan efek perbedaan tekanan antara sisi atas dan bawah	Bentuk airfoil terlalu datar, tidak menciptakan jalur udara yang berbeda	Gunakan profil sayap dengan bagian atas lebih melengkung dan bawah datar untuk menciptakan perbedaan kecepatan aliran udara

Perbaikan dan Penyempurnaan Solusi

1. Lakukan perbaikan pada model atau simulasi berdasarkan hasil analisis.
2. Uji kembali model yang telah diperbaiki untuk melihat efektivitas perbaikannya.
3. Catat perubahan dan peningkatan yang terjadi setelah perbaikan.

Tabel 5.11. Membandingkan Performa Model

Aspek diperbaiki	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
Desain profil sayap (airfoil)	Sayap terlalu datar; aliran udara di atas dan bawah hampir sama	Sayap dimodifikasi dengan lengkungan lebih besar di bagian atas dan datar di bagian bawah

Dokumentasi Seluruh Proses dalam Laporan atau Presentasi

1. Buat laporan atau dokumentasi yang menjelaskan seluruh proses, mulai dari eksperimen awal hingga perbaikan yang dilakukan.
2. Gunakan format dokumentasi yang sesuai dengan preferensi masing-masing kelompok.
3. Sertakan gambar, grafik, dan analisis untuk memperjelas laporan.
4. Sajikan solusi dalam bentuk laporan ilmiah atau poster edukaitf
5. Diskusikan penerapan model dalam kehidupan nyata

Tabel 5.12. Format Laporan

Format	Deskripsi	Tools yang digunakan
Laporan Ilmiah	Dokumentasi lengkap dalam bentuk tulisan formal	Microsoft Word, Google Docs
Poster Ilmiah	Ringkasan visual dari hasil eksperimen dan perbaikan	Canva, Visme
Video Dokumentasi	Rekaman proses perbaikan dan uji model	Adobe Premiere Pro, Final Cut Pro, Capcut, dll
Simulasi Digital	Pemodelan perbaikan model dalam bentuk digital	PhET, Tinkercad, SketchUp

