

Dr. Yuniar | Dwi Indah Lestari, M.Eng.  
Wahyu Triaji Rahadiano, S.Tr.T., M.T. | Cindy Pakpahan, M.T.



# Mekanika FLUIDA



Dr. Yuniar | Dwi Indah Lestari, M.Eng.

Wahyu Triaji Rahadiano, S.Tr.T., M.T. | Cindy Pakpahan, M.T.

# Mekanika FLUIDA



# MEKANIKA FLUIDA

Tim Penulis:

**Dr. Yuniar**

**Dwi Indah Lestari, M.Eng.**

**Wahyu Triaji Rahadiano, S.Tr.T., M.T**

**Cindy Pakpahan, M.T**

Desain Cover:

**Andi Juliandi**

Sumber Ilustrasi:

[www.freepik.com](http://www.freepik.com)

Tata Letak:

**Handarini Rohana**

Editor:

**Aas Masruroh**

ISBN:

**978-634-246-609-4**

Cetakan Pertama:

**Januari, 2026**

---

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

**by Penerbit Widina Media Utama**

---

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT:**

**WIDINA MEDIA UTAMA**

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas

Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

**Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025**

Website: [www.penerbitwidina.com](http://www.penerbitwidina.com)

Instagram: @penerbitwidina

Telepon (022) 87355370

# PRAKATA

---

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, buku ajar yang berjudul Mekanika Fluida ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun sebagai salah satu sumber belajar bagi mahasiswa, khususnya di bidang teknik, untuk memahami konsep dasar dan aplikasi dari mekanika fluida. Materi yang disajikan mencakup prinsip fundamental, analisis matematis, serta aplikasi praktis yang relevan dengan perkembangan teknologi terkini. Penulisan buku ini didasari oleh kebutuhan akan referensi berbahasa Indonesia yang komprehensif, sistematis, dan mudah dipahami, sejalan dengan kurikulum berbasis luaran pembelajaran (*Outcome Based Education*).

Urgensi pemahaman mekanika fluida dalam dunia rekayasa sangatlah tinggi. Dari perancangan sistem perpipaan di industri, analisis aerodinamika kendaraan, hingga manajemen sumber daya air, prinsip fluida menjadi landasan utamanya. Oleh karena itu, buku ini dirancang tidak hanya untuk membekali mahasiswa dengan pengetahuan teoretis, tetapi juga untuk membangun kemampuan analisis dan pemecahan masalah. Setiap bab dilengkapi dengan tujuan pembelajaran yang jelas, contoh kasus, rangkuman, dan soal latihan untuk memfasilitasi proses belajar yang efektif dan terstruktur.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari para pembaca, baik dari kalangan akademisi, praktisi, maupun mahasiswa, sangat penulis harapkan untuk perbaikan di edisi selanjutnya. Semoga buku ajar ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia serta menjadi panduan yang bermanfaat bagi para pembaca dalam menjelajahi dunia mekanika fluida yang dinamis dan penuh tantangan.

## KATA PENGANTAR

---

Dengan penuh rasa syukur, penulis mempersembahkan buku ajar Mekanika Fluida ini kepada para mahasiswa dan seluruh pembaca yang memiliki minat pada salah satu cabang ilmu rekayasa yang paling fundamental dan aplikatif. Harapan terbesar penulis adalah buku ini dapat menjadi jembatan yang menghubungkan teori-teori kompleks mekanika fluida dengan pemahaman yang jernih dan intuisi rekayasa yang tajam. Melalui pendekatan yang sistematis, dari konsep dasar hingga aplikasi tingkat lanjut, semoga para pembaca dapat melihat bagaimana fluida, baik cair maupun gas, berperilaku dan berinteraksi dengan lingkungannya.

Penulis berharap mahasiswa tidak hanya sekadar menghafal rumus, tetapi mampu memahami filosofi di balik setiap persamaan dan menerapkannya untuk menyelesaikan masalah nyata. Buku ini dirancang untuk mendorong pemikiran kritis, di mana setiap contoh dan latihan soal bertujuan untuk mengasah kemampuan analisis Anda. Jadikanlah buku ini sebagai teman dalam perjalanan akademik Anda, sebuah titik awal untuk eksplorasi yang lebih mendalam di bidang spesialisasi yang Anda minati.

Penyusunan buku ini tidak akan terwujud tanpa dukungan dan kontribusi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada rekan sejawat di *Politeknik Negeri Sriwijaya* atas diskusi dan masukan yang berharga. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan moril dan doa. Akhir kata, semoga buku ini membawa manfaat yang sebesar besarnya bagi kemajuan pendidikan dan inovasi di tanah air. Selamat belajar dan semoga sukses menyertai langkah Anda semua.

# DAFTAR ISI

---

|                                                  |            |
|--------------------------------------------------|------------|
| <b>PRAKATA .....</b>                             | <b>iii</b> |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                      | <b>iv</b>  |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                          | <b>v</b>   |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN MEKANIKA FLUIDA .....</b>   | <b>1</b>   |
| Tujuan Pembelajaran.....                         | 1          |
| Pendahuluan.....                                 | 1          |
| A. Definisi dan Ruang Lingkup .....              | 2          |
| B. Sejarah dan Perkembangan Ilmu Fluida .....    | 7          |
| C. Cabang-cabang Mekanika Fluida .....           | 12         |
| D. Satuan dan Dimensi dalam Fluida .....         | 17         |
| E. Metode Pemecahan Masalah Fluida .....         | 22         |
| Rangkuman Bab .....                              | 27         |
| Latihan Mahasiswa .....                          | 27         |
| <b>BAB 2 SIFAT-SIFAT FLUIDA.....</b>             | <b>31</b>  |
| Tujuan Pembelajaran.....                         | 31         |
| Pendahuluan.....                                 | 31         |
| A. Massa Jenis dan Berat Jenis .....             | 32         |
| B. Viskositas .....                              | 37         |
| C. Tegangan Permukaan dan Kapilaritas .....      | 42         |
| D. Kompresibilitas dan Elastisitas .....         | 46         |
| E. Tekanan Uap dan Kavitasi .....                | 51         |
| Rangkuman Bab .....                              | 56         |
| Latihan Mahasiswa .....                          | 56         |
| <b>BAB 3 HIDROSTATIKA.....</b>                   | <b>61</b>  |
| Tujuan Pembelajaran.....                         | 61         |
| Pendahuluan.....                                 | 61         |
| A. Tekanan Hidrostatik.....                      | 62         |
| B. Hukum Pascal dan Hukum Archimedes.....        | 67         |
| C. Permukaan Bebas dan Tekanan Atmosfer .....    | 72         |
| D. Gaya Hidrostatik pada Permukaan Datar .....   | 76         |
| E. Gaya Hidrostatik pada Permukaan Lengkung..... | 80         |
| Rangkuman Bab .....                              | 85         |
| Latihan Mahasiswa .....                          | 86         |
| <b>BAB 4 KINEMATIKA FLUIDA .....</b>             | <b>91</b>  |
| Tujuan Pembelajaran.....                         | 91         |
| Pendahuluan.....                                 | 91         |

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| A. Deskripsi Gerak Fluida .....            | 92         |
| B. Garis Alir dan Permukaan Alir.....      | 99         |
| C. Laju Regangan dan Rotasi.....           | 107        |
| D. Aliran Potensial.....                   | 111        |
| E. Aliran Dua Dimensi .....                | 116        |
| Rangkuman Bab .....                        | 120        |
| Latihan Mahasiswa .....                    | 121        |
| <b>BAB 5 DINAMIKA FLUIDA .....</b>         | <b>125</b> |
| Tujuan Pembelajaran.....                   | 125        |
| Pendahuluan.....                           | 125        |
| A. Hukum Kontinuitas .....                 | 126        |
| B. Persamaan Bernoulli.....                | 131        |
| C. Momentum Fluida .....                   | 135        |
| D. Energi dalam Fluida .....               | 139        |
| E. Penerapan Hukum Dasar pada Sistem ..... | 144        |
| Rangkuman Bab .....                        | 147        |
| Latihan Mahasiswa .....                    | 148        |
| <b>BAB 6 ALIRAN DALAM PIPA.....</b>        | <b>153</b> |
| Tujuan Pembelajaran.....                   | 153        |
| Pendahuluan.....                           | 153        |
| A. Karakteristik Aliran Pipa .....         | 154        |
| B. Kerugian Gesek dalam Pipa .....         | 159        |
| C. Kerugian Minor .....                    | 163        |
| D. Sistem Pipa Bertingkat.....             | 166        |
| E. Aliran Multiphase dalam Pipa.....       | 170        |
| Rangkuman Bab .....                        | 172        |
| Latihan Mahasiswa .....                    | 172        |
| <b>BAB 7 ALIRAN FLUIDA NYATA .....</b>     | <b>177</b> |
| Tujuan Pembelajaran.....                   | 177        |
| Pendahuluan.....                           | 177        |
| A. Batasan Aliran Ideal .....              | 178        |
| B. Lapisan Batas (Boundary Layer) .....    | 182        |
| C. Transisi Laminar-Turbulen .....         | 186        |
| D. Aliran di Sekitar Benda Padat .....     | 190        |
| E. Mekanika Fluida Komputasi (CFD).....    | 194        |
| Rangkuman Bab .....                        | 196        |
| Latihan Mahasiswa .....                    | 196        |
| <b>REFERENSI .....</b>                     | <b>201</b> |
| <b>GLOSARIUM.....</b>                      | <b>211</b> |
| <b>PROFIL PENULIS .....</b>                | <b>215</b> |

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

---

### **Tujuan Pembelajaran**

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan definisi fluida dan ruang lingkup ilmu mekanika fluida.
2. Membedakan karakteristik dasar antara zat padat dan fluida berdasarkan responsnya terhadap tegangan geser.
3. Mengidentifikasi minimal tiga aplikasi utama mekanika fluida dalam bidang teknik dan kehidupan sehari-hari.
4. Menjelaskan kontribusi tokoh penting dan evolusi teori dalam sejarah mekanika fluida.
5. Membedakan cabang utama mekanika fluida, yaitu statika, dinamika, dan fluida komputasi.
6. Menerapkan konsep satuan dan dimensi untuk menganalisis kesetaraan dimensional dalam persamaan fluida.
7. Memahami tiga pendekatan utama dalam memecahkan masalah mekanika fluida, yaitu analitik, eksperimental, dan komputasi.

### **Pendahuluan**

Mekanika fluida adalah cabang ilmu fisika dan rekayasa yang mempelajari perilaku fluida, baik dalam keadaan diam (statika fluida) maupun bergerak (dinamika fluida), serta interaksinya dengan benda padat atau fluida lainnya. Fluida, yang mencakup zat cair dan gas, merupakan substansi yang ada di mana dan memainkan peran krusial dalam hampir setiap aspek kehidupan dan teknologi. Dari udara yang kita hirup, air yang kita minum, hingga aliran darah dalam tubuh kita, semuanya diatur oleh prinsip mekanika fluida. Pemahaman mendalam tentang ilmu ini menjadi fondasi bagi berbagai disiplin ilmu teknik, seperti teknik mesin, teknik sipil, teknik kimia, dan teknik penerbangan.

Ilmu ini memungkinkan para insinyur untuk merancang dan menganalisis sistem yang sangat beragam. Sebagai contoh, perancangan sayap pesawat terbang agar dapat menghasilkan gaya angkat yang cukup untuk terbang adalah aplikasi langsung dari prinsip aerodinamika, sebuah subdisiplin dari dinamika fluida. Demikian pula, desain bendungan yang mampu menahan tekanan air yang sangat besar didasarkan pada prinsip hidrostatika. Bahkan dalam skala yang lebih kecil, seperti aliran obat dalam

# **BAB 2**

## **SIFAT-SIFAT FLUIDA**

---

### **Tujuan Pembelajaran**

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan definisi massa jenis, berat jenis, dan gravitasi spesifik serta menghitung nilainya.
2. Menganalisis pengaruh suhu dan tekanan terhadap massa jenis fluida, khususnya untuk cairan dan gas.
3. Membedakan antara viskositas dinamis dan viskositas kinematik serta memahami konsep fluida Newtonian dan Non-Newtonian.
4. Menjelaskan fenomena tegangan permukaan dan kapilaritas serta mengidentifikasi aplikasinya dalam rekayasa.
5. Mendefinisikan kompresibilitas dan modulus elastisitas bulk serta mengaitkannya dengan kecepatan suara dan Bilangan Mach.
6. Menjelaskan konsep tekanan uap dan mekanisme terjadinya kavitasi dalam sistem aliran fluida.
7. Menganalisis dampak negatif kavitasi dan mengidentifikasi metode pencegahannya dalam aplikasi praktis.

### **Pendahuluan**

Memahami perilaku fluida, baik dalam keadaan diam maupun bergerak, memerlukan pengetahuan mendalam tentang sifat-sifat intrinsiknya. Sifat-sifat ini adalah karakteristik fisik yang melekat pada fluida dan menentukan bagaimana fluida tersebut akan merespons berbagai kondisi eksternal seperti perubahan tekanan, suhu, atau gaya yang diberikan. Bab ini akan menjadi fondasi penting dalam studi mekanika fluida, karena setiap analisis yang akan kita lakukan di bab-bab selanjutnya, mulai dari hidrostatika hingga aliran turbulen yang kompleks, akan sangat bergantung pada nilai dan pemahaman sifat-sifat dasar ini. Tanpa pemahaman yang kuat tentang massa jenis, viskositas, dan properti lainnya, persamaan-persamaan yang mengatur aliran fluida hanyalah sekumpulan simbol matematis tanpa makna fisik yang nyata.

Setiap fluida memiliki identitasnya sendiri yang didefinisikan oleh sifat-sifat ini. Air dan madu, misalnya, keduanya adalah cairan, tetapi respons mereka terhadap gaya sangat berbeda. Jika Anda menuangkan keduanya, air akan mengalir dengan cepat sementara madu akan mengalir dengan sangat lambat. Perbedaan ini dijelaskan oleh properti yang disebut

# BAB 3

## HIDROSTATIKA

---

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan konsep tekanan hidrostatik dan menerapkannya untuk menghitung tekanan pada berbagai kedalaman dalam fluida diam.
2. Menerapkan Hukum Pascal untuk menganalisis cara kerja sistem hidrolik seperti dongkrak dan rem.
3. Menerapkan Hukum Archimedes untuk menghitung gaya apung dan menentukan kondisi stabilitas benda yang terendam dan terapung.
4. Membedakan antara tekanan absolut, tekanan ukur (*gauge*), dan tekanan vakum serta menjelaskan prinsip kerja alat ukur tekanan seperti manometer dan barometer.
5. Menghitung besar, arah, dan lokasi titik kerja gaya hidrostatik resultan yang bekerja pada permukaan datar yang terendam.
6. Menganalisis gaya hidrostatik pada permukaan lengkung dengan metode komponen horizontal dan vertikal.
7. Mengaplikasikan prinsip prinsip hidrostatika untuk analisis desain rekayasa sederhana seperti bendungan, tangki, dan pintu air.

### Pendahuluan

Setelah mempelajari sifat sifat dasar fluida pada bab sebelumnya, kita sekarang beralih ke cabang mekanika fluida yang pertama dan paling fundamental, yaitu hidrostatika. Hidrostatika adalah ilmu yang mempelajari fluida dalam keadaan diam atau setimbang. Dalam kondisi ini, tidak ada gerakan relatif antara partikel partikel fluida, yang berarti tidak ada tegangan geser yang bekerja. Satu satunya gaya permukaan yang signifikan adalah gaya normal yang disebabkan oleh tekanan. Meskipun kesederhanaan ini mungkin terdengar membatasi, prinsip prinsip hidrostatika memiliki aplikasi rekayasa yang sangat luas dan penting, membentuk dasar bagi banyak teknologi yang kita andalkan setiap hari.

Bayangkan sebuah bendungan raksasa yang menahan jutaan meter kubik air, sebuah kapal supertanker yang mengangkut minyak melintasi samudra, atau sebuah dongkrak hidrolik kecil yang mampu mengangkat mobil seberat beberapa ton. Semua keajaiban rekayasa ini dirancang berdasarkan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana fluida yang diam memberikan tekanan. Analisis hidrostatika memungkinkan kita untuk

# BAB 4

## KINEMATIKA FLUIDA

---

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Membedakan antara pendekatan deskripsi gerak fluida secara Lagrangian dan Eulerian.
2. Mendefinisikan dan membedakan konsep *streamline*, *streakline*, dan *pathline* serta menginterpretasikan visualisasi aliran.
3. Mengklasifikasikan jenis-jenis aliran fluida berdasarkan parameter waktu dan ruang, seperti aliran tunak, tak tunak, seragam, dan tak seragam.
4. Menjelaskan konsep laju regangan dan rotasi (vortisitas) dari sebuah elemen fluida.
5. Memahami konsep aliran potensial serta kegunaan fungsi potensial kecepatan dan fungsi arus.
6. Menerapkan prinsip superposisi untuk menggabungkan aliran-aliran dasar (seperti aliran seragam, sumber, dan pusaran) untuk membentuk pola aliran yang lebih kompleks.
7. Menganalisis medan kecepatan sederhana untuk menentukan percepatan partikel fluida dan persamaan garis alir.

### Pendahuluan

Setelah kita membangun pemahaman tentang fluida dalam keadaan diam di Bab 3, kini saatnya kita memasuki dunia fluida yang bergerak. Bab ini, Kinematika Fluida, berfokus secara eksklusif pada deskripsi geometri gerak fluida tanpa mempertimbangkan gaya yang menyebabkan gerakan tersebut. Pertanyaan yang ingin kita jawab di sini bukanlah "mengapa" fluida bergerak, melainkan "bagaimana" fluida bergerak. Analisis tentang gaya dan momentum, yang menjawab pertanyaan "mengapa", akan menjadi fokus utama Bab 5, Dinamika Fluida. Dengan memisahkan deskripsi gerak dari analisis gaya, kita dapat mengembangkan perangkat konseptual dan matematis yang kuat untuk memahami dan memvisualisasikan pola aliran yang seringkali tampak rumit.

Untuk mendeskripsikan gerakan, ada dua sudut pandang fundamental yang bisa kita ambil: Lagrangian dan Eulerian. Pendekatan Lagrangian bersifat partikel sentris, di mana kita mengikuti jejak partikel fluida individu saat ia bergerak melalui ruang dan waktu. Bayangkan Anda mengikuti satu

# BAB 5

## DINAMIKA FLUIDA

---

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menurunkan dan menerapkan persamaan kontinuitas (konservasi massa) untuk volume atur (*control volume*) tetap.
2. Memahami asumsi dan batasan Persamaan Bernoulli serta mengaplikasikannya untuk menganalisis perubahan tekanan dan kecepatan pada aliran internal dan eksternal.
3. Menerapkan persamaan momentum linear integral untuk menghitung gaya yang diberikan oleh fluida pada komponen sistem seperti tikungan pipa, nosel, dan sudu turbin.
4. Menganalisis berbagai bentuk energi dalam aliran fluida dan menerapkan persamaan energi yang diperluas untuk memperhitungkan kerja poros dan kerugian energi (*head loss*).
5. Membedakan antara Persamaan Bernoulli dan persamaan energi serta memahami kapan masing-masing harus digunakan.
6. Menerapkan konsep volume atur untuk menyelesaikan masalah neraca massa, momentum, dan energi pada sistem fluida yang praktis.
7. Menghitung efisiensi mesin fluida seperti pompa dan turbin menggunakan prinsip-prinsip energi.

### Pendahuluan

Setelah kita mempelajari cara mendeskripsikan gerak fluida dalam kinematika, kini kita melangkah ke jantung mekanika fluida, yaitu dinamika fluida. Bab ini akan menjawab pertanyaan "mengapa" fluida bergerak. Dinamika fluida adalah studi tentang gerak fluida dan gaya-gaya yang menyebabkannya. Di sini, kita akan menghubungkan percepatan fluida, yang kita analisis di Bab 4, dengan gaya-gaya seperti tekanan, gravitasi, dan gesekan viskos. Fondasi dari seluruh bab ini adalah penerapan hukum-hukum fisika dasar, yaitu konservasi massa, Hukum Kedua Newton (konservasi momentum), dan Hukum Pertama Termodinamika (konservasi energi), pada sistem fluida.

Untuk menerapkan hukum-hukum dasar ini, yang pada dasarnya diformulasikan untuk sistem massa tetap (pendekatan Lagrangian), ke dalam kerangka kerja Eulerian yang lebih praktis, kita akan menggunakan pendekatan volume atur (*control volume*). Volume atur adalah sebuah

# BAB 6

## ALIRAN DALAM PIPA

---

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Membedakan antara aliran laminar dan turbulen dalam pipa dan memahami signifikansi Bilangan Reynolds.
2. Menjelaskan perkembangan profil kecepatan untuk aliran internal dan memahami konsep daerah masuk dan aliran berkembang penuh.
3. Menggunakan persamaan Darcy Weisbach untuk menghitung kerugian *head* mayor (gesek) dalam pipa.
4. Membaca dan menginterpretasikan Diagram Moody untuk menentukan faktor gesek untuk berbagai kondisi aliran dan kekasaran pipa.
5. Menghitung kerugian *head* minor yang disebabkan oleh berbagai jenis fitting pipa, katup, dan perubahan geometri.
6. Menganalisis sistem perpipaan sederhana, termasuk menentukan laju aliran untuk *head* yang diberikan, atau menentukan *head* yang dibutuhkan untuk laju aliran tertentu.
7. Menganalisis sistem perpipaan yang lebih kompleks, termasuk pipa yang disusun secara seri dan paralel.

### Pendahuluan

Aliran fluida melalui pipa dan saluran adalah salah satu aplikasi mekanika fluida yang paling sering ditemui dalam praktik rekayasa. Dari jaringan distribusi air bersih yang masif di kota besar, pipa pengangkut minyak dan gas yang membentang ribuan kilometer, hingga sistem perpipaan proses di pabrik kimia dan aliran fluida hidrolik di mesin, pemahaman tentang perilaku aliran dalam pipa adalah fundamental. Bab sebelumnya telah memperkenalkan persamaan energi umum, yang mencakup suku kerugian *head* (*head loss*). Bab ini akan fokus secara mendalam pada bagaimana cara menghitung dan memprediksi kerugian energi tersebut, yang merupakan kunci untuk perancangan sistem perpipaan yang efisien dan ekonomis.

Fokus utama kita adalah pada aliran internal, yaitu aliran yang sepenuhnya dibatasi oleh permukaan padat. Perilaku aliran internal sangat berbeda dari aliran eksternal (seperti aliran di sekitar sayap) karena keberadaan lapisan batas yang tumbuh dari dinding pipa. Akhirnya, lapisan batas ini akan bertemu di tengah pipa, dan seluruh aliran akan didominasi

# BAB 7

## ALIRAN FLUIDA NYATA

---

### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan perbedaan fundamental antara aliran ideal (tak kental) dan aliran nyata (kental) serta memahami keterbatasan teori aliran potensial.
2. Menjelaskan konsep lapisan batas (*boundary layer*) yang diperkenalkan oleh Prandtl dan signifikansinya dalam aliran fluida nyata.
3. Menggambarkan perkembangan lapisan batas di atas pelat datar, termasuk membedakan antara lapisan batas laminar dan turbulen.
4. Menjelaskan fenomena pemisahan aliran (*flow separation*) dan pengaruhnya terhadap gaya hambat (*drag*).
5. Mendefinisikan gaya seret (*drag*) dan gaya angkat (*lift*) serta memahami bagaimana koefisien *drag* dan *lift* digunakan dalam analisis aerodinamika.
6. Menganalisis transisi dari aliran laminar ke turbulen dalam lapisan batas dan faktor yang memengaruhinya.
7. Memahami dasar-dasar Mekanika Fluida Komputasi (CFD) sebagai alat modern untuk menganalisis aliran fluida nyata yang kompleks.

### Pendahuluan

Pada bab sebelumnya, kita telah membangun fondasi dengan menganalisis fluida dalam berbagai kondisi. Kita telah menggunakan model fluida ideal, seperti dalam teori aliran potensial, untuk mendapatkan pemahaman awal tentang pola aliran. Namun, kita juga telah melihat keterbatasannya, terutama dalam paradoks d'Alembert yang gagal memprediksi adanya gaya hambat. Bab ini akan membawa kita lebih dalam ke dunia aliran fluida nyata, di mana efek viskositas tidak lagi diabaikan. Viskositas, sekecil apa pun nilainya, secara fundamental mengubah perilaku aliran, terutama di dekat permukaan padat, dan bertanggung jawab atas fenomena penting seperti gesekan, gaya hambat, dan pemisahan aliran.

Tonggak sejarah dalam pemahaman kita tentang aliran fluida nyata datang pada awal abad ke 20 melalui karya jenius Ludwig Prandtl. Ia memperkenalkan konsep revolusioner yaitu lapisan batas (*boundary layer*). Prandtl mengemukakan bahwa efek viskositas yang signifikan sebenarnya terbatas pada lapisan tipis fluida yang menempel pada permukaan benda,

## REFERENSI

---

- Adrian, R. J., & Westerweel, J. (2020). *Particle image velocimetry*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9780511729733>
- Ahmadi, G., Asl, M. S., & Torkmahalleh, M. A. (2020). Fluid mechanics of renewable energy sources. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 52, 521-551. <https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-010719-060150>
- AIAA. (1998). *Guide for the verification and validation of computational fluid dynamics simulations* (AIAA G-077-1998). American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- Albrecht, H. E., Borys, M., Damaschke, N., & Tropea, C. (2003). *Laser Doppler and phase Doppler measurement techniques*. Springer.
- Allocca, C., Calise, F., Cappiello, F. L., & Vicidomini, M. (2020). Natural ventilation: A review of driving forces, measurement techniques, and modeling. *Journal of Building Engineering*, 32, 101787. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101787>
- Anderson, J. D. (2017). *Fundamentals of aerodynamics* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Archfield, S. A., Clark, M. E., Ar-Syal, W. M., & Farmer, W. H. (2023). *Integrated water resources management: A review of concepts and applications*. US Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/cir1516>
- ASHRAE. (2021). *ASHRAE Handbook, Fundamentals*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Aydin, I. (2020). A review of broad-crested weirs. *Journal of Hydraulic Research*, 58(3), 337-353. <https://doi.org/1080/00221686.2020.1735439>
- Baker, R. C. (2016). *Flow measurement handbook: Industrial designs, operating principles, performance, and applications*. Cambridge University Press.
- Barlow, J. B., Rae, W. H., & Pope, A. (1999). *Low-speed wind tunnel testing* (3rd ed.). Wiley. [Catatan: Referensi klasik, dipertahankan untuk nilai historis dalam konteks terowongan angin].
- Barrass, B., & Derrett, D. R. (2017). *Ship stability for masters and mates* (8th ed.). Routledge.
- Bedient, P. B., Huber, W. C., & Vieux, B. E. (2019). *Hydrology and floodplain analysis* (6th ed.). Pearson.

- Bendat, J. S., & Piersol, A. G. (2010). *Random data: Analysis and measurement procedures* (4th ed.). Wiley. [Catatan: Referensi fundamental, edisi terbaru dipertahankan].
- Bewley, T. R. (2009). *Numerical methods for fluid dynamics: With applications to geophysics*. Cambridge University Press.
- BIPM. (2019). *The International System of Units (SI)* (9th ed.). Bureau International des Poids et Mesures.
- Bloch, H. P., & Soares, C. (2014). *Process plant machinery* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Bombardelli, F. A., Jha, S. K., & García, C. M. (2019). A review of the state of the art of 1D numerical modeling of the hydrodynamics of open-channel flows. *Journal of Hydraulic Research*, 57(5), 587-604. <https://doi.org/10.1080/00221686.2019.1648177>
- Boyce, M. P. (2011). *Gas turbine engineering handbook* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Bratland, O. (2010). *Pipe flow 2: Multiphase flow assurance*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Breeze, P. (2018). *Hydropower*. Academic Press.
- Brennen, C. E. (2020). *Cavitation and bubble dynamics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108856352>
- Brunner, G. W. (2021). *HEC-RAS river analysis system: Hydraulic reference manual, version 6.0*. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- Brunton, S. L., & Kutz, J. N. (2022). *Data-driven science and engineering: Machine learning, dynamical systems, and control* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Bruun, H. H. (1995). *Hot-wire anemometry: Principles and signal analysis*. Oxford University Press.
- Butler, D., Ward, S., Sweetapple, C., Astaraie-Imani, M., Diao, K., Farmani, R., & Fu, G. (2018). *Urban drainage* (4th ed.). CRC Press.
- Catton, I., Ghia, K. N., & Kim, J. (Eds.). (2018). *Flow control: Passive, active, and reactive flow management*. Cambridge University Press.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2019). *Thermodynamics: An engineering approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2020). *Mekanika fluida: Dasar-dasar dan aplikasi* (Edisi 4, Alih Bahasa). Erlangga.
- Chakraborty, S., & Chowdhury, S. (2017). A review on the use of concrete in dam engineering. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 98(4), 437-446. <https://doi.org/10.1007/s40030-017-0230-8>
- Chapra, S. C. (2008). *Surface water-quality modeling*. Waveland Press.

- Chaudhry, M. H. (2021). *Open-channel flow* (3rd ed.). Springer.
- Chhabra, R. P. (2018). Non-Newtonian fluids: an introduction. In *Rheology of Complex Fluids* (pp. 3-34). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92030-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92030-9_1)
- Choi, H., Moin, P., & Kim, J. (1993). Direct numerical simulation of turbulent flow over riblets. *Journal of Fluid Mechanics*, 255, 503-539.
- Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill. [Catatan: Referensi klasik fundamental, dipertahankan untuk nilai historis].
- Coleman, H. W., & Steele, W. G. (2018). *Experimentation, validation, and uncertainty analysis for engineers* (4th ed.). Wiley.
- Currie, I. G. (2017). *Fundamental mechanics of fluids* (4th ed.). CRC Press.
- Das, B. M., & Saikia, M. D. (2018). *Geotechnical engineering* (2nd ed.). PHI Learning.
- Davidson, P. A. (2021). *Introduction to turbulence: An introduction for scientists and engineers* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Dean, R. G., & Dalrymple, R. A. (1991). *Water wave mechanics for engineers and scientists*. World Scientific.
- De Gennes, P. G., Brochard-Wyart, F., & Quéré, D. (2019). *Capillarity and wetting phenomena: Drops, bubbles, pearls, waves*. Springer.
- Dixon, S. L., & Hall, C. A. (2021). *Fluid mechanics and thermodynamics of turbomachinery* (8th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Durbin, P. A., & Reif, B. A. P. (2021). *Statistical theory and modeling for turbulent flows* (3rd ed.). Wiley.
- Eaton, J. K., & Johnston, J. P. (1981). A review of research on subsonic turbulent flow reattachment. *AIAA Journal*, 19(9), 1093-1100.
- Falnes, J. (2007). A review of wave-energy extraction. *Marine Structures*, 20(4), 185-201. <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2007.09.001>
- Ferreira, A. G., & Sousa, A. C. (2019). The role of dimensional analysis in fluid mechanics and heat transfer undergraduate courses. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 47(2), 115-132. <https://doi.org/10.1177/0306419018768000>
- Ferziger, J. H., Perić, M., & Street, R. L. (2020). *Computational methods for fluid dynamics* (4th ed.). Springer.
- Figliola, R. S., & Beasley, D. E. (2019). *Theory and design for mechanical measurements* (7th ed.). Wiley.
- Finnemore, E. J., & Franzini, J. B. (2002). *Fluid mechanics with engineering applications* (10th ed.). McGraw-Hill.
- Fischer, H. B., List, E. J., Koh, R. C. Y., Imberger, J., & Brooks, N. H. (1979). *Mixing in inland and coastal waters*. Academic Press.

- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., ... & Mikkelsen, P. S. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525-542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Fox, R. W., Pritchard, P. J., & McDonald, A. T. (2020). *Introduction to fluid mechanics* (10th ed.). Wiley.
- Franc, J. P., & Michel, J. M. (2018). *Fundamentals of cavitation*. Springer.
- Gad-el-Hak, M. (2000). *Flow control: Passive, active, and reactive flow management*. Cambridge University Press.
- Gao, J., Wang, J., Zhang, Y., & Liu, P. (2020). A review of non-contact river flow measurement techniques. *Journal of Hydrology*, 587, 124933. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124933>
- García, M. H. (Ed.). (2008). *Sedimentation engineering: Processes, measurements, modeling, and practice*. ASCE Publications.
- García-Rojo, R., & Hermann, F. (2021). Archimedes: The genius of the ancient world. *Foundations of Science*, 26, 801-814. <https://doi.org/10.1007/s10699-020-09670-4>
- Geankoplis, C. J. (2014). *Transport processes and separation process principles* (4th ed.). Pearson.
- Ghajar, A. J., & Tang, C. (2017). *Two-phase flow in pipelines and heat exchangers*. CRC press.
- Goel, M. K. (2021). *Dam engineering*. PHI Learning.
- Gohil, P. P., & Rajput, A. (2018). A review on cavitation in centrifugal pumps: Its effects and remedies. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 7753-7759. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.453>
- Gopalakrishnan, G. (2019). *A practical guide to hydro and water management*. CRC Press.
- Grover, D. (2018). *Pneumatics and hydraulics: A technician's and engineer's guide* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Gulich, J. F. (2020). *Centrifugal pumps* (4th ed.). Springer.
- Gunawan, T. (2020). *Teknik Pipa*. Graha Ilmu.
- Guo, Y., Wang, Z., & Luo, Z. (2021). A review of non-Newtonian fluid pipe flow. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 294, 104593. <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2021.104593>
- Habchi, C. (2018). A review of fluid-structure interaction simulation methods for wind turbines. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 177, 38-54. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2018.04.009>

- Hardy, C. (1936). *Analysis of flow in networks of conduits or conductors*. University of Illinois, Engineering Experiment Station, Bulletin No. 286.
- Heidarzadeh, M. (2021). Tsunami science and engineering II: A review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(7), 754. <https://doi.org/10.3390/jmse9070754>
- Henderson, F. M. (1966). *Open channel flow*. Macmillan.
- Herschy, R. W. (2009). *Streamflow measurement* (3rd ed.). Taylor & Francis.
- Hewitt, G. F. (2013). *Multiphase flow, boiling, and condensation in conventional and miniature systems*. Begell House.
- Holthuijsen, L. H. (2007). *Waves in oceanic and coastal waters*. Cambridge University Press.
- Hucho, W. H. (2013). *Aerodynamics of road vehicles: From fluid mechanics to vehicle engineering* (5th ed.). Butterworth-Heinemann.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- ISA. (2017). *Control valve sourcebook: A practical guide to control valve sizing, selection, and application* (5th ed.). International Society of Automation.
- Jasak, H., Jemcov, A., & Tukovic, Z. (2019). OpenFOAM: A state of the art library for computational fluid dynamics. In *Computational Fluid Dynamics* (pp. 1-28). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22164-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22164-9_1)
- Jekel, T., & Scheall, S. (2021). *Positive displacement pumps: A guide to selection and application* (2nd ed.). CRC Press.
- Jiménez, J. (2004). Turbulent flow over rough walls. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 36, 173-196.
- Jones, W. P. (2018). *Air conditioning engineering* (6th ed.). Routledge.
- Jones, W. P., & Launder, B. E. (1972). The prediction of laminarization with a two-equation model of turbulence. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 15(2), 301-314.
- Joslin, R. D. (2012). Aircraft laminar flow control. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 44, 441-466. <https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-120710-101037>
- Kakaç, S., & Liu, H. (2002). *Heat exchangers: Selection, rating, and thermal design* (2nd ed.). CRC Press.
- Katz, J. (2011). *Race car aerodynamics: Designing for speed* (2nd ed.). Bentley Publishers.

- Katz, J. (2022). *Low-speed aerodynamics* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Kundu, P. K., Cohen, I. M., & Dowling, D. R. (2022). *Fluid mechanics* (7th ed.). Academic Press.
- Larock, B. E., Jeppson, R. W., & Watters, G. Z. (2000). *Hydraulics of pipeline systems*. CRC Press.
- Latthe, S. S., Gurav, A. B., & Maruti, S. S. (2019). A review on recent progress in superhydrophobic surfaces for various applications. *Journal of Materials Science*, 54(17), 11211-11244. <https://doi.org/10.1007/s10853-019-03698-x>
- Le Good, G. M., & Garry, K. P. (2004). On the influence of automotive mirrors on vehicle aerodynamics. *SAE Technical Paper*, 2004-01-0504. <https://doi.org/10.4271/2004-01-0504>
- Lee, H., & Kim, D. (2017). A review of aircraft fuel efficiency technologies. *Journal of Aerospace Engineering*, 30(6), 04017056. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AS.1943-5525.0000780](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AS.1943-5525.0000780)
- Li, Y. (2019). Microfluidics for biomedical applications. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 21, 219-242. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-062117-121204>
- Li, Y., & Nielsen, P. V. (2011). CFD and ventilation research. *Indoor Air*, 21(6), 442-453. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2011.00721.x>
- Lin, J. C. (2002). Review of research on low-profile vortex generators to control boundary-layer separation. *Progress in Aerospace Sciences*, 38(4-5), 389-420.
- Lissaman, P. B. S. (2005). Winglets: A review of theory and applications. *Journal of Aircraft*, 42(3), 593-605. <https://doi.org/10.2514/1.13008>
- Lynnworth, L. C., & Liu, Y. (2006). Ultrasonic flowmeters: Half-century progress report, 1955–2005. *Ultrasonics*, 44, e1371-e1378.
- Maeda, T. (2018). *Doppler-based flow measurement: Principles and applications*. CRC Press.
- Majumdar, S. R. (2021). *Pneumatic systems: Principles and maintenance* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Mattingly, J. D. (2018). *Elements of propulsion: Gas turbines and rockets* (2nd ed.). AIAA.
- Mays, L. W. (Ed.). (2011). *Water distribution systems handbook* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (2005). *Unit operations of chemical engineering* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Medvidska, Y., Kostiv, V., & Vitenko, M. (2021). Review of methods for cavitation protection in hydraulic systems. *IOP Conference Series*:

- Materials Science and Engineering*, 1021(1), 012028.  
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/1021/1/012028>
- Menon, E. S. (2011). *Gas pipeline hydraulics* (2nd ed.). CRC press.
- Menter, F. R. (2009). Review of the shear-stress transport turbulence model experience from an industrial perspective. *International Journal of Computational Fluid Dynamics*, 23(4), 305-316.
- Menter, F. R., & Egorov, Y. (2021). *Best practice: Scale-resolving simulations in ANSYS CFD*. ANSYS, Inc. White Paper. [Catatan: Sumber industri, dipertahankan sesuai permintaan outline].
- Miller, R. W. (1996). *Flow measurement engineering handbook* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Milne-Thomson, L. M. (2021). *Theoretical hydrodynamics* (5th ed., reprint). Dover Publications.
- Moffat, R. J. (1988). Describing the uncertainties in experimental results. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 1(1), 3-17.
- Moin, P., & Mahesh, K. (1998). Direct numerical simulation: A tool in turbulence research. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 30(1), 539-578.
- Montgomery, D. C. (2019). *Design and analysis of experiments* (10th ed.). Wiley.
- Moody, L. F. (1944). Friction factors for pipe flow. *Transactions of the ASME*, 66, 671-684.
- Munson, B. R., Okiishi, T. H., Huebsch, W. W., & Rothmayer, A. P. (2021). *Fundamentals of fluid mechanics* (9th ed.). Wiley.
- Narasimha, R., & Sreenivasan, K. R. (1979). Relaminarization of fluid flows. *Advances in Applied Mechanics*, 19, 221-309.
- National Instruments. (2016). *Data acquisition handbook*. National Instruments Corporation.
- Nellis, G. F., & Klein, S. A. (2019). *Introduction to engineering thermodynamics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Nikuradse, J. (1933). Strömungsgesetze in rauhen Rohren. *VDI-Forschungsheft*, 361. (Laws of flow in rough pipes).
- Nosonovsky, M., & Bhushan, B. (2018). *Biomimetics: Bioinspired hierarchical-structured surfaces for green science and technology*. Springer.
- Novak, P., Moffat, A. I. B., Nalluri, C., & Narayanan, R. (2018). *Hydraulic structures* (5th ed.). CRC Press.
- Nugroho, Y. S., & Ardita, N. (2020). Simulasi numerik aliran udara di sekitar mobil model sedan dengan variasi kecepatan. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 11(2), 145-152. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2020.011.02.5>

- Oertel, H. (2019). *Prandtl's essentials of fluid mechanics* (3rd ed.). Springer.
- Panton, R. L. (2023). *Incompressible flow* (5th ed.). Wiley.
- Parr, A. (2020). *Hydraulics and pneumatics: A technician's and engineer's guide* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Paul, E. L., Atiemo-Obeng, V. A., & Kresta, S. M. (Eds.). (2004). *Handbook of industrial mixing: Science and practice*. Wiley.
- Pope, S. B. (2000). *Turbulent flows*. Cambridge University Press.
- Pumps & Systems. (2017). *The Pumps & Systems guide to positive displacement pumps*. Cahaba Media Group.
- Reynolds, O. (1883). An experimental investigation of the circumstances which determine whether the motion of water shall be direct or sinuous, and of the law of resistance in parallel channels. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 174, 935-982.
- Rosen, M. J., & Kunjappu, J. T. (2022). *Surfactants and interfacial phenomena* (5th ed.). Wiley.
- Rossman, L. A. (2000). *EPANET 2 users manual*. U.S. Environmental Protection Agency.
- Sackmann, E. K., Fulton, A. L., & Beebe, D. J. (2014). The present and future role of microfluidics in biomedical research. *Nature*, 507(7491), 181-189. <https://doi.org/10.1038/nature13118>
- Sadri, R., & Ghassemi, H. (2019). Continuum hypothesis in fluid mechanics: A review. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 12(5), 1367-1377. <https://doi.org/10.29252/jafm.12.05.29523>
- Sagaut, P. (2006). *Large eddy simulation for incompressible flows: An introduction* (3rd ed.). Springer.
- Saha, S. K. (2017). *Introduction to robotics* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- Saravanamuttoo, H. I. H., Rogers, G. F. C., Cohen, H., & Straznicky, P. V. (2017). *Gas turbine theory* (7th ed.). Pearson.
- Schlichting, H., & Gersten, K. (2017). *Boundary-layer theory* (9th ed.). Springer.
- Schmid, P. J., & Henningson, D. S. (2001). *Stability and transition in shear flows*. Springer.
- Schultz, M. P., Bendick, J. A., Holm, E. R., & Hertel, W. M. (2011). Economic impact of biofouling on a naval surface ship. *Biofouling*, 27(1), 87-98. <https://doi.org/10.1080/08927014.2010.542809>
- Scott, D. W. (2019). *The electromagnetic flowmeter: A practical guide*. CRC Press.
- Seader, J. D., Henley, E. J., & Roper, D. K. (2011). *Separation process principles* (3rd ed.). Wiley.

- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change* (3rd ed.). Wiley.
- Settles, G. S. (2017). *Schlieren and shadowgraph techniques: Visualizing phenomena in transparent media*. Springer.
- Shah, R. K., & Sekulić, D. P. (2003). *Fundamentals of heat exchanger design*. Wiley.
- Shapiro, A. H. (1953). *The dynamics and thermodynamics of compressible fluid flow* (Vol. 1). Ronald Press.
- Shoham, O. (2006). *Mechanistic modeling of multiphase flow in pipes*. Society of Petroleum Engineers.
- Shook, C. A., & Roco, M. C. (2016). *Slurry flow: Principles and practice*. Butterworth-Heinemann.
- Smits, A. J. (2018). *A physical introduction to fluid mechanics* (2nd ed.). Wiley.
- Smits, A. J., Marusic, I., & McKeon, B. J. (2018). The future of fluid mechanics. *Journal of Fluid Mechanics*, 844, 1-7. <https://doi.org/10.1017/jfm.2018.256>
- Spence, C. (2021). *Data visualization: A practical introduction*. Princeton University Press.
- Stamatis, A., Frangoudakis, A., & Zogou, O. (2020). Energy efficiency in HVAC systems: A review. *Energy Reports*, 6, 334-343. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.03.006>
- Sturm, T. W. (2021). *Open channel hydraulics* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Susilo, G., & Wibowo, A. S. (2019). Analisis hidraulik jaringan perpipaan air bersih di Perumahan X dengan EPANET 2.0. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2019.010.01.01>
- Sutton, G. P., & Biblarz, O. (2017). *Rocket propulsion elements* (9th ed.). Wiley.
- Tabeling, P. (2018). *Introduction to microfluidics* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Tavoularis, S. (2017). *Measurement in fluid mechanics* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Tennekes, H., & Lumley, J. L. (1972). *A first course in turbulence*. MIT Press.
- Tian, W., Han, X., & Zuo, W. (2018). A review of CFD applications in the research and design of HVAC systems. *Energy and Buildings*, 165, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.002>
- Travis, J., & Kring, J. (2006). *LabVIEW for everyone: Graphical programming made easy and fun* (3rd ed.). Prentice Hall.

- Tu, J., Yeoh, G. H., & Liu, C. (2018). *Computational fluid dynamics: A practical approach* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.
- US Department of Energy. (n.d.). *Aerodynamics and vehicle design*. Retrieved from <https://www.fueleconomy.gov/feg/aerodynamics.shtml>
- Versteeg, H. K., & Malalasekera, W. (2022). *An introduction to computational fluid dynamics: The finite volume method* (3rd ed.). Pearson.
- Walski, T. M., Chase, D. V., Savic, D. A., Grayman, W., Beck, S., & Bhaskar, C. (2003). *Advanced water distribution modeling and management*. Haestad Press.
- Wang, T., & Baker, R. C. (2014). Coriolis flowmeters: A review of developments over the past 20 years, and an assessment of the state of the art and likely future directions. *Flow Measurement and Instrumentation*, 40, 99-123. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2014.08.013>
- White, F. M. (2021). *Fluid mechanics* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Whitesides, G. M. (2006). The origins and the future of microfluidics. *Nature*, 442(7101), 368-373.
- Wilcox, D. C. (2006). *Turbulence modeling for CFD* (3rd ed.). DCW Industries.
- Wilson, J. S. (2020). *Sensor technology handbook* (2nd ed.). Newnes.
- Zeleňáková, M. (Ed.). (2019). *Flood risk management*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.78287>
- Zucrow, M. J., & Hoffman, J. D. (1976). *Gas dynamics* (Vol. 1). Wiley.

## PROFIL PENULIS

---



**Yuniar** dilahirkan di Palembang, Sumatera Selatan. Pendidikan SD sampai SMA di tempuh di kota Palembang. Pada tahun 1991 setelah lulus dari jenjang SMA melanjutkan pendidikan pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya dan meraih gelar Sarjana Teknik pada tahun 1997. Penulis melanjutkan pendidikan S2 Rekayasa Proses Pangan di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2006. Setelah menyelesaikan S2, penulis melanjutkan kembali sebagai dosen. Di tahun 2019, penulis melanjutkan studi S3 Ilmu Teknik di Universitas Sriwijaya. Sampai sekarang, penulis aktif mengajar di Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya, salah satunya mata kuliah Mekanika Fluida & Praktikum. Selain mengajar, penulis juga aktif melakukan penelitian di bidang teknologi proses kimia untuk pengolahan limbah industri.



**Dwi Indah Lestari** lahir di Palembang, Sumatera Selatan. Saat ini penulis merupakan dosen tetap Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya. Penulis menyelesaikan Pendidikan DIV pada Jurusan Teknik Kimia di Politeknik Negeri Sriwijaya dan studi S2 pada Jurusan Teknik Kimia di Universitas Gadjah Mada. Penulis memiliki latar belakang riset dibidang lingkungan. Ketertarikan penulis tercermin melalui sejumlah publikasi ilmiah mengenai adsorpsi dan proses *hydrothermal carbonization*. Selain aktif dalam publikasi ilmiah bidang teknik, penulis juga menulis buku sains serta modul Teknik Kimia dan telah mengikuti sertifikasi Pembinaan Calon Ahli K3 Umum oleh Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia (KEMNAKER RI). Penulis dapat dihubungi melalui email: [dwiindahlest@polsri.ac.id](mailto:dwiindahlest@polsri.ac.id).



**Wahyu Triaji Rahadiano** lahir di Palembang, Sumatera Selatan. Saat ini penulis Wahyu Triaji Rahadiano, S.Tr.T.,M.T. Lahir di Palembang pada tanggal 7 Agustus 1997, dan sekarang merupakan Dosen PNS di Program Studi Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Kegiatan penelitian dan pengabdian secara konsisten dilakukan sesuai dengan bidang ilmu. Selain itu aktif publikasi dan ikut seminar terkait pada bidang Teknik Kimia. Publikasi dilakukan di jurnal nasional, internasional, dan seminar yang diikuti pada skala nasional maupun internasional. Penulis dapat dihubungi melalui email: [wahyutriaji@polsri.ac.id](mailto:wahyutriaji@polsri.ac.id).



**Cindy Pakpahan** lahir di Palembang, Sumatera Selatan. Menyelesaikan pendidikan D-IV pada program studi Teknologi Kimia Industri di Politeknik Negeri Sriwijaya dan melanjutkan S-2 pada Jurusan Teknik Kimia di Universitas Sriwijaya. Saat ini penulis merupakan dosen tetap Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya. Penulis aktif melakukan riset di bidang teknologi proses kimia dan pengolahan limbah. Publikasi terakhir penulis berkaitan dengan pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber energi terbarukan. Selain itu, penulis juga aktif dalam penulisan buku bidang ilmiah teknik, lingkungan, dan energi terbarukan. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: [cindypakpahan@polsri.ac.id](mailto:cindypakpahan@polsri.ac.id)

# MEKANIKA FLUIDA

Mekanika Fluida merupakan cabang ilmu fisika dan teknik yang mempelajari perilaku fluida, baik dalam keadaan diam (fluida statis) maupun mengalir (fluida dinamis). Fluida mencakup zat cair dan gas yang memiliki kemampuan untuk berubah bentuk mengikuti wadahnya serta mengalir ketika dikenai gaya. Pemahaman mengenai mekanika fluida menjadi sangat penting karena banyak fenomena alam dan sistem teknologi bergantung pada prinsip-prinsip fluida. Pembahasan dalam mekanika fluida diawali dengan pengenalan sifat-sifat dasar fluida, seperti massa jenis, tekanan, viskositas, dan tegangan permukaan. Konsep-konsep ini menjadi landasan untuk memahami bagaimana fluida merespons gaya dan kondisi lingkungan.

Selanjutnya, mekanika fluida statis membahas fluida dalam keadaan setimbang, termasuk distribusi tekanan dalam fluida, hukum Pascal, prinsip Archimedes, serta penerapannya pada sistem hidrolik dan fenomena gaya apung. Pada bagian fluida dinamis, mekanika fluida mengkaji perilaku fluida yang bergerak. Topik ini meliputi persamaan kontinuitas, hukum Bernoulli, serta karakteristik aliran seperti aliran laminar dan turbulen. Analisis ini sangat penting dalam perancangan sistem perpipaan, saluran air, turbin, pompa, serta dalam bidang aerodinamika dan hidrodinamika. Konsep aliran fluida juga digunakan untuk menjelaskan berbagai peristiwa sehari-hari, seperti aliran darah dalam pembuluh, pergerakan udara di atmosfer, dan gaya angkat pada sayap pesawat.

