

# Sifat-sifat Fluida

Apa itu Fluida? - Pelajaran 2



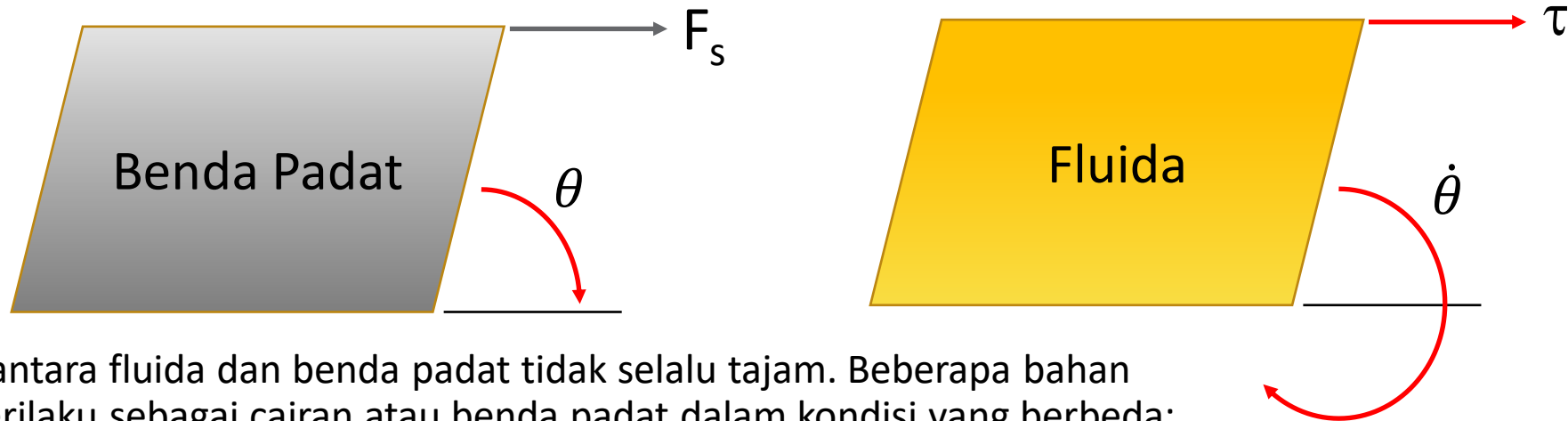
# / Sebelum Kita Mulai... Unit

- Siswa yang mengambil mata kuliah ini harus terbiasa dengan satuan dan konversi satuan dalam sains dan teknik.
- Kami akan menggunakan satuan SI (metrik) untuk mata kuliah ini. Namun, aplikasi di dunia nyata sering kali menggunakan sistem satuan lain (misalnya, *English*, CGS, dll.). Satuan waktu adalah detik kecuali dinyatakan lain.

| Quantities             | SI                         | English                 |
|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Mass                   | Kilogram (kg)              | Pound-mass (lbm)        |
| Length                 | Meter (m)                  | Foot (ft)               |
| Velocity               | m/s                        | ft/s                    |
| Acceleration           | m/s <sup>2</sup>           | ft/s <sup>2</sup>       |
| Force                  | Newton (N)                 | Pound-force (lbf)       |
| Pressure               | Pascal (N/m <sup>2</sup> ) | lbf/ft <sup>2</sup>     |
| Temperature (absolute) | Kelvin (K)                 | Rankine (R)             |
| Density                | kg/m <sup>3</sup>          | lbm/ft <sup>3</sup>     |
| Viscosity              | N · s/m <sup>2</sup>       | lbf · s/ft <sup>2</sup> |

# / Apa yang dimaksud dengan Fluida?

- Fluida adalah bahan yang tidak dapat menahan gaya geser tanpa bergerak.
- Fluida vs. Benda Padat
  - **Benda padat** akan berubah bentuk dalam jumlah yang sebanding dengan tegangan geser yang diberikan, yaitu sebanding dengan regangan (Hukum Hooke).
  - Sebaliknya, **fluida** akan berubah bentuk secara terus menerus ketika gaya geser (tangensial) ( $F_s$ ) diberikan padanya (**tegangan geser** sebanding dengan **laju regangan**).



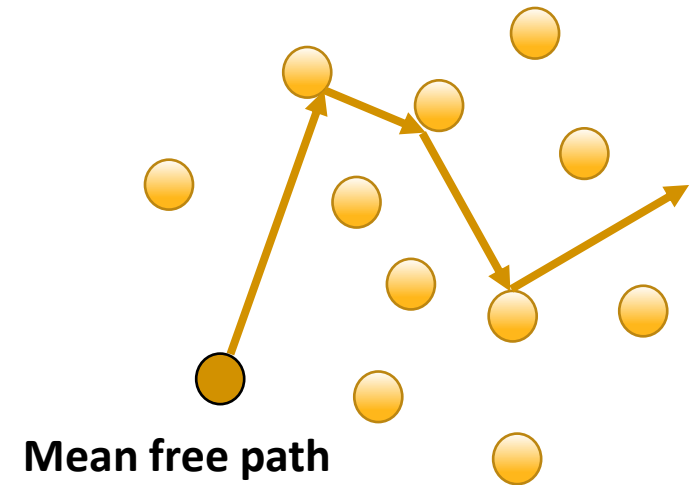
- Perbedaan antara fluida dan benda padat tidak selalu tajam. Beberapa bahan dapat berperilaku sebagai cairan atau benda padat dalam kondisi yang berbeda:
  - Benda padat yang berbentuk butiran dalam banyak aspek dapat berperilaku seperti fluida.
  - Logam di bawah tekanan ekstrem, seperti dalam muatan yang berbentuk, berperilaku seperti fluida.

# Fluida sebagai sebuah Kontinum

- Untuk merumuskan aturan persamaan yang berkaitan dengan gerakan fluida, kita akan mengasumsikan bahwa fluida berperilaku sebagai **medium kontinu** atau **kontinum**.
- **Kontinum**: sifat-sifat pada suatu titik mewakili rata-rata pada volume kecil yang dimensinya besar dibandingkan dengan jarak antara **molekul fluida individu** ("dalam gas seperti helium, atom"), tetapi cukup kecil untuk menjadi sebuah titik di ruang angkasa.
- Di bawah asumsi kontinum, struktur molekul medium diabaikan, dan medium diasumsikan untuk mengisi semua ruang yang ditempatinya
- Ukuran dari asumsi kontinum adalah **bilangan Knudsen ( $Kn$ )**

$$Kn = \frac{\lambda}{L} = \frac{\text{Molecular mean free path}}{\text{Characteristic length}}$$

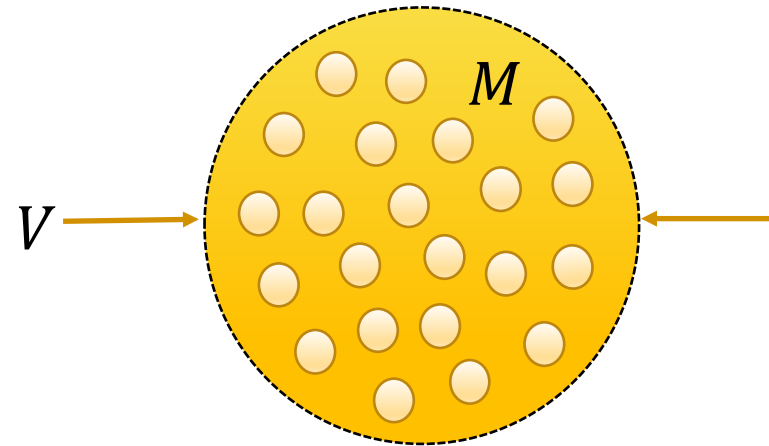
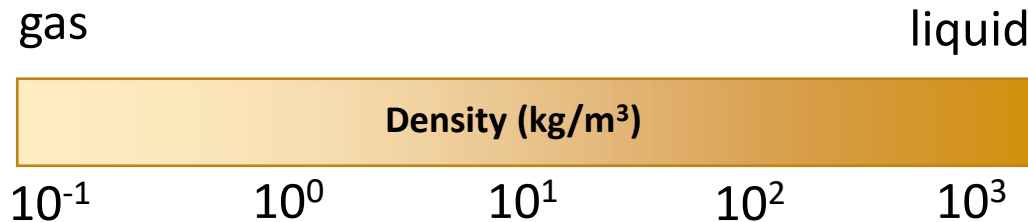
- ❖  $Kn \ll 1$  Asumsi kontinum dipatuhi dengan ketat
- ❖  $Kn \gg 1$  Aliran molekul bebas (aliran gas yang dijernihkan)



# / Sifat-sifat Fluida — Massa Jenis

- Semua cairan terdiri dari molekul (dalam gas seperti Helium, atom).  
Gas - Molekul bergerak bebas, dapat dengan mudah dimampatkan  
Cairan - Molekul-molekul saling berdekatan, tidak mudah dimampatkan
- **Massa ( $M$ )** fluida dalam **volume ( $V$ )** tertentu terkait dengan jumlah molekul dalam volume dan berat molekul bahan fluida.
- **Massa jenis ( $\rho$ )** fluida kemudian didefinisikan sebagai rasio massa fluida terhadap volume ketika volume menyusut menjadi nol (batas kontinum).

$$\rho = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{M}{V} \quad \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

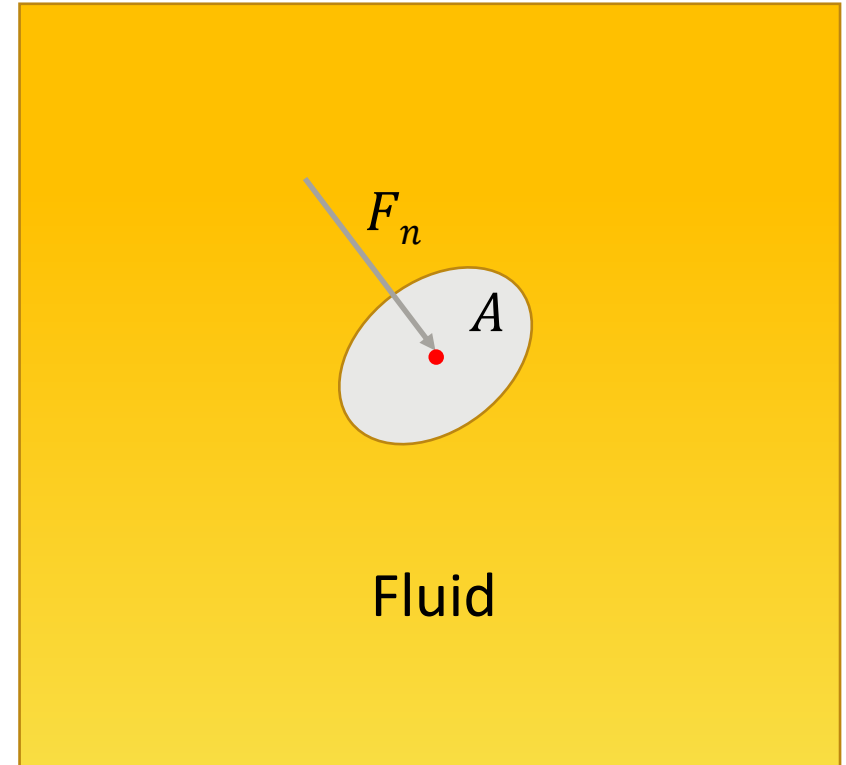


# / Sifat Fluida - Tekanan

- Pertimbangkan sebuah permukaan kecil ( $A$ ) yang berpusat pada sebuah titik di dalam fluida yang diam.
- Jika permukaan dalam keadaan diam, fluida akan memberikan gaya normal ( $F_n$ ) pada permukaan.
- Pada batas kontinum saat luasnya mengecil hingga nol, gaya normal/luas cenderung mengarah ke nilai yang tetap. Inilah cara kita mendefinisikan tekanan fluida ( $P$ ).

$$P = \lim_{A \rightarrow 0} \frac{F_n}{A} \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

💡 Perhatikan bahwa tekanan adalah properti titik, untuk fluida yang dapat dimampatkan, tekanan berhubungan dengan massa jenis dan suhu melalui persamaan keadaan.



# Sifat Fluida - Viskositas

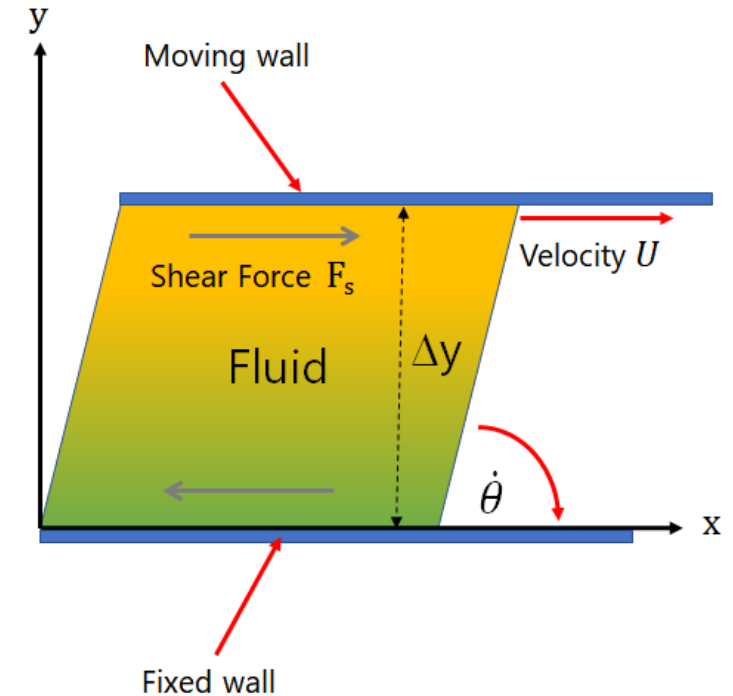
- Viskositas fluida adalah ukuran ketahanan fluida terhadap deformasi akibat gesekan internal fluida yang bergerak.
- Pertimbangkan sebuah lapisan fluida di antara dua dinding dengan ketinggian  $\Delta y$ . Dinding atas bergerak dengan kecepatan  $U$  relatif terhadap dinding tetap yang lebih rendah.

$$\tau = \frac{F_s}{A} = \mu \frac{U}{\Delta y}$$

- Untuk fluida, ditemukan bahwa gaya geser per satuan luas ( $\tau$ ) sebanding dengan gradien kecepatan sebagai berikut:

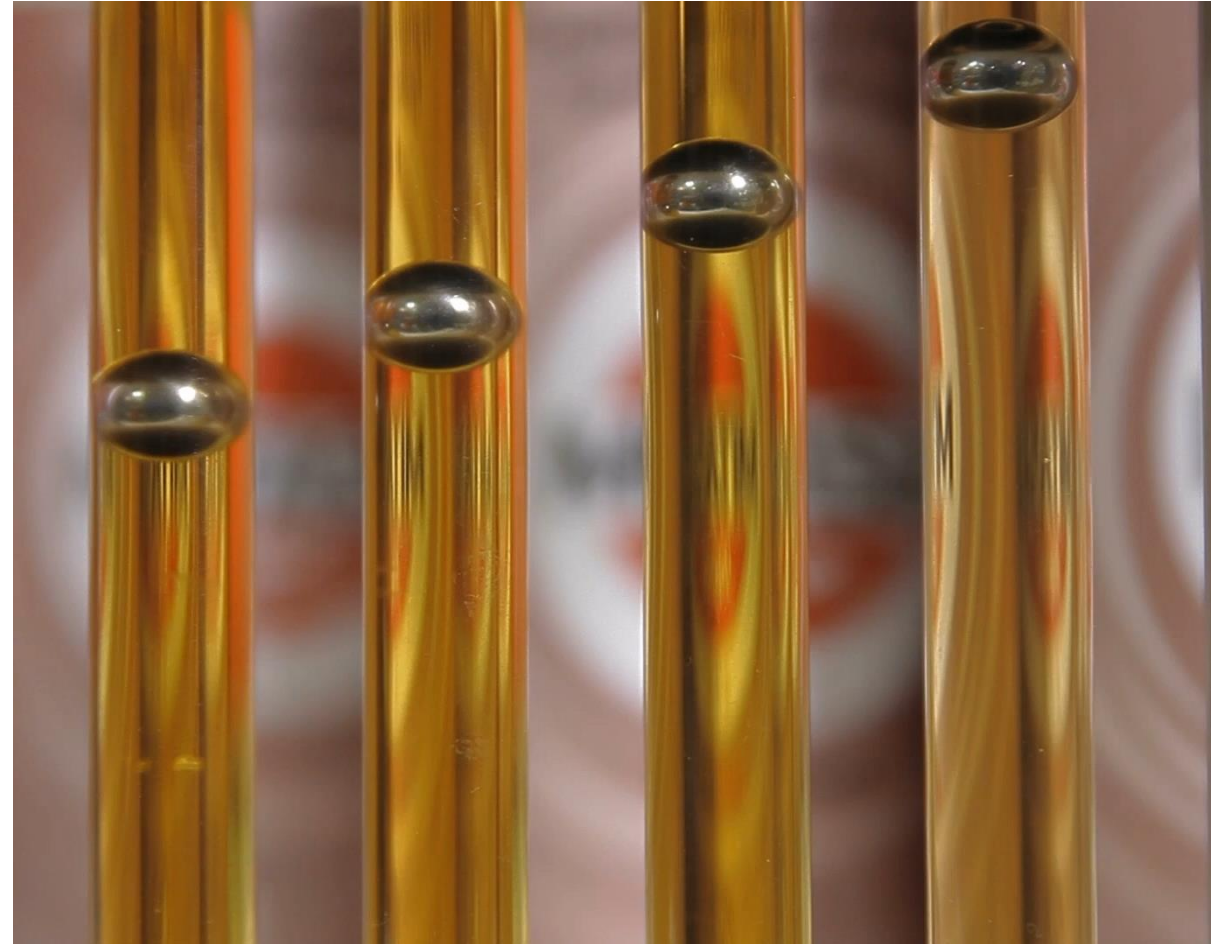
$$\tau = \mu \frac{\partial U}{\partial y}$$

- Hal ini dikenal sebagai **hukum viskositas Newton**, dan parameter  $\mu$  disebut **viskositas** (yang disebut sebagai **viskositas dinamis**) dengan satuan  $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ .
- Untuk banyak cairan, viskositas  $\mu$  kira-kira konstan. Namun, viskositas dapat menjadi fungsi dari suhu dan komposisi kimia. Untuk beberapa material, viskositas sangat bervariasi dan merupakan fungsi dari kecepatan; dan ini diklasifikasikan sebagai **fluida non-Newtonian**.



# / Pengaruh Fisika dari Viskositas

- Bola baja dengan ukuran yang sama dijatuhkan secara bersamaan ke dalam tabung yang berisi oli mesin dengan viskositas berbeda.
- Bola-bola tersebut tenggelam karena gaya gravitasi yang bekerja padanya.
- Gaya gesekan (**hambatan**) yang bekerja pada permukaan bola paling besar pada tabung yang diisi dengan cairan dengan viskositas paling tinggi - oleh karena itu, bola tersebut jatuh lebih lambat daripada yang lainnya.



*Viskositas Terendah*

*Highest Viscosity*

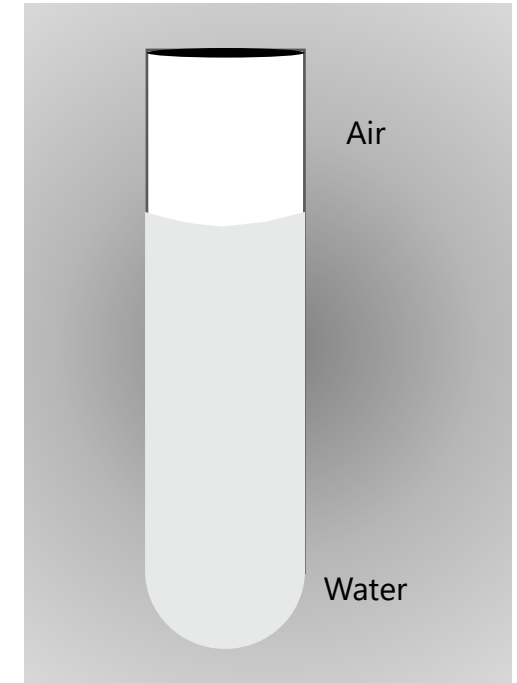


# / Sifat Fluida - Tegangan Permukaan

- Properti fluida lain yang penting untuk fisika permukaan terbuka adalah **tegangan permukaan** ( $\sigma$ ) dengan satuan  $\text{N} \cdot \text{m}$ .
- Secara fisika, tegangan permukaan menunjukkan kecenderungan permukaan fluida untuk menyusut ke area permukaan seminimal mungkin.
- Gaya tegangan permukaan bekerja secara tangensial pada antarmuka fluida-fluida dan menimbulkan perbedaan tekanan pada antarmuka.
- Gaya tegangan permukaan terdapat pada antarmuka antara dua cairan yang tidak bercampur. Hal yang paling umum adalah antarmuka gas-cair. Dalam tabung yang sempit, antarmuka ini menunjukkan bentuk cekung atau cembung, tergantung pada apakah dinding tabung bersifat hidrofilik atau hidrofobik.
- Tegangan permukaan bahkan dapat menginduksi gerakan dalam tabung sempit. Efek ini dikenal sebagai **aksi kapiler**.
- Perbedaan tekanan kapiler di seluruh antarmuka antara dua fluida statis dijelaskan oleh persamaan Young-Laplace:

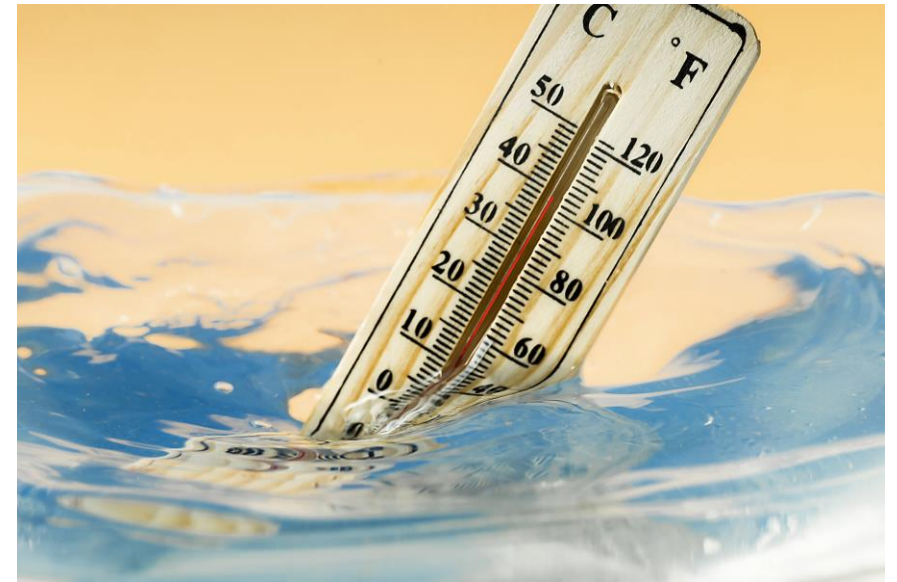
$$\Delta p = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

dimana  $R_1$  dan  $R_2$  adalah jari-jari utama permukaan



# / Sifat Fluida - Suhu

- Suhu adalah ukuran energi panas internal dalam sistem.
- Suhu pada benda apa pun (padat atau cair) ditentukan oleh **hukum kedua termodinamika**, yang menyatakan:  
Dua benda yang berada dalam kesetimbangan termal dengan benda ketiga berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain.
- Dengan demikian, kita dapat mengukur **suhu** dengan mengamati bagaimana energi panas fluida dapat menyebabkan perubahan pada benda lain - misalnya, bagaimana tingkat raksa dalam bola termometer yang bereaksi terhadap fluida yang mengelilinginya.
- Seperti sifat-sifat lainnya, suhu adalah fungsi ruang dan waktu dalam fluida dan dapat dihubungkan dengan massa jenis dan tekanan melalui **persamaan termodinamika**.
- Suhu memiliki satuan SI Kelvin (K).



# / Termodinamika Fluida

- Untuk zat murni yang dapat dimampatkan, diketahui dari pengamatan bahwa **keadaan** zat dapat ditentukan oleh tiga sifat: massa jenis, tekanan, dan suhu.
- Jika dua sifat diketahui, sifat ketiga dapat ditentukan dari **persamaan keadaan**:

$$P = f(\rho, T)$$

- Perlu dicatat bahwa keadaan termodinamika juga menunjukkan **fase** zat (padat, cair, gas). Plot 3D yang terkait disebut **diagram fase**.

💡 CATATAN: Dalam mekanika fluida dasar, terutama kita memperhatikan fluida dalam fase cair atau gas, karena perilaku fase fluida ini sesuai dengan definisi fluida yang diberikan sebelumnya. Kami juga mengecualikan, untuk saat ini, campuran fase seperti gelembung dalam cairan, yang merupakan subjek dinamika fluida multifase (dan dengan demikian berada di luar cakupan mata kuliah kami saat ini).

# / Sifat Termodinamika

- Dari termodinamika, ada beberapa sifat fluida yang menjadi penting ketika kompresibilitas dan/atau efek perpindahan panas menjadi penting.
  - **Kalor Jenis ( $C_p$ ,  $C_v$ )** – Rasio panas yang diserap oleh suatu zat per satuan massa terhadap perubahan suhu ( $J/kg \cdot K$ )
  - **Kecepatan Suara ( $c$ )** – Kecepatan di mana gelombang tekanan merambat melalui fluida (m/s)
    - 💡 Pada permukaan laut standar, kecepatan suara di udara diam adalah 340.9 m/s.
  - **Koefisien ekspansi termal ( $\beta$ )** – Ukuran perubahan volume suatu zat terhadap suhu, penting dalam studi konveksi alami ( $1/K$ ).
  - **Konduktivitas Termal ( $k$ )** - Rasio aliran panas per satuan luas melalui suatu zat terhadap gradien suhu lokal ( $W/(m \cdot K)$ ). Konduktivitas termal akan sangat penting dalam studi **perpindahan panas** pada fluida dan benda padat.

# / Kesimpulan

- Kita telah membahas apa itu fluida dalam hal sifat-sifat dasarnya, secara khusus:
  - Kontinum
  - Reaksi terhadap gaya
  - Kepadatan
  - Tekanan
  - Suhu
  - Tegangan permukaan
  - Sifat termodinamika
- Sifat-sifat ini akan menjadi penting ketika kita mulai memeriksa hukum fisika yang mengatur gerakan fluida.



 **Ansys**

