

MP MP 2.07.1.2/Mekanika Hidrodinamika

Lecture 8: Fluida

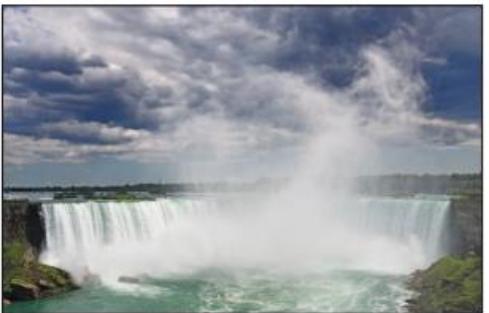


Mekanika Fluida

- ✖ Mekanika Fluida adalah bagian dari ilmu mekanika terapan yang mempelajari statika dan dinamika dari zat cair dan gas.
- ✖ Ilmu mekanika fluida terutama dipelajari oleh teknik mesin, teknik sipil, teknik kimia, bahkan akhir-akhir ini mekanika fluida juga giat dipelajari oleh disiplin ilmu biologi dan medis. Ilmu mekanika fluida dipelajari dengan pendekatan teoritis, eksperimental, maupun komputasional. Saat ini ilmu mekanika fluida ini telah berkembang menjadi beberapa cabang lagi sesuai dengan perilaku fluida yang dipelajari, diantaranya adalah hidrodinamik, aerodinamik, fluida termal (thermal fluids), dan aliran multi phase.
- ✖ Statika Fluida: Tinjauan pada fluida dalam kondisi setimbang (tidak ada tegangan geser).
- ✖ Dinamika Fluida: Tinjauan terhadap fluida bergerak.



Mekanika Fluida



Natural flows and weather

© Jochen Schlenker/Getty Images RF



Boats

© Doug Menuez/Getty Images RF



Aircraft and spacecraft

© Purestock/SuperStock/RF



Wind turbines

© Mlenny Photography/Getty Images RF



Power plants

U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC)



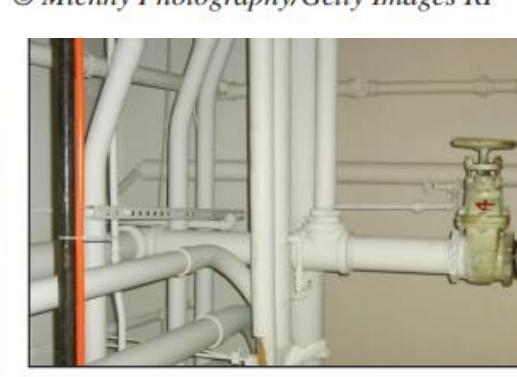
Human body

© Jose Luis Pelaez Inc/Blend Images LLC RF



Cars

© Ingram Publishing RF



Piping and plumbing systems

Photo by John M. Cimbala



Industrial applications

© 123RF

Fluida dan sifat-sifatnya

✗ Dalam kehidupan sehari-hari, kita mengenal tiga keadaan suatu materi: padat, cair, dan gas. Walaupun berbeda dalam beberapa hal, gas dan cair memiliki beberapa kesamaan yang membedakannya dengan bentuk padat, yakni kemampuannya mengalir. Sehingga kedua keadaan materi ini disebut zat alir (fluida).

✗ Fluida merupakan substansi yang akan mengalir jika terdapat gaya geser yang bekerja padanya. Sehingga pada fluida yang diam tidak ada gaya geser yang bekerja pada fluida tersebut.

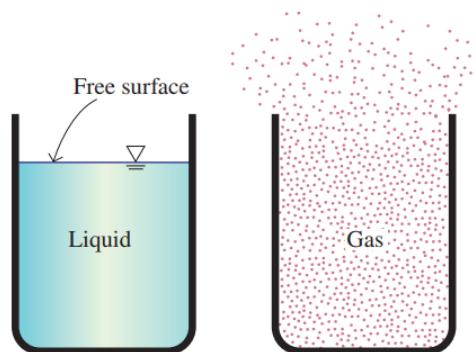


FIGURE 1-4

Unlike a liquid, a gas does not form a free surface, and it expands to fill the entire available space.

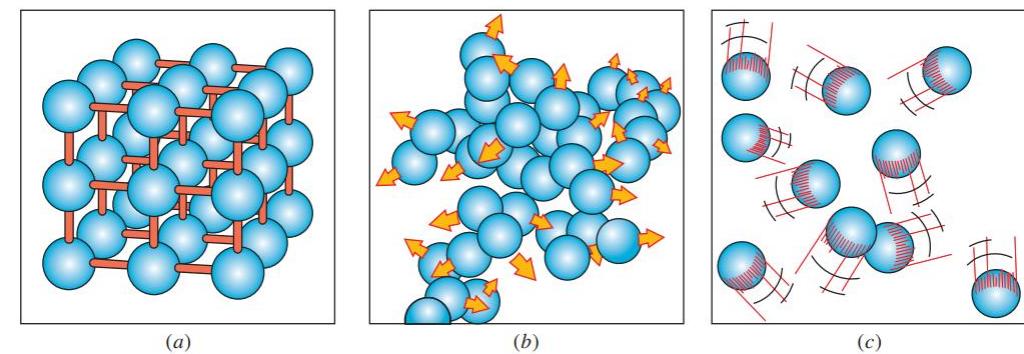


FIGURE 1-5

The arrangement of atoms in different phases: (a) molecules are at relatively fixed positions in a solid, (b) groups of molecules move about each other in the liquid phase, and (c) individual molecules move about at random in the gas phase.



Perbedaan Padat dan Fluida:

Perbedaan perilaku antara padat dan fluida berkaitan dengan respon terhadap gaya yang berkerja padanya adalah:

- ✗ i. Padat (*solid*), regangan adalah fungsi dari tegangan yang bekerja, sepanjang batas elastisnya belum terlewati. Pada fluida, laju regangan (*rate of strain*) sebanding dengan tegangan yang bekerja.
- ✗ ii. Regangan benda padat tidak bergantung waktu seberapa lama gaya gaya tersebut bekerja, sepanjang batas elastisnya belum terlewati, regangannya/deformasinya akan hilang jika gaya yang bekerja dilepas. Sedangkan fluida akan terus mengalir sepanjang gaya tersebut masih dikenakan dan tidak akan kembali ke bentuk semula jika gaya yang bekerja dilepaskan



Perbedaan Cair dengan Gas:

Walaupun cair dengan gas memiliki beberapa kesamaan berkaitan dengan kemampuannya mengalir (zat alir), namun juga memiliki beberapa karakteristik yang berbeda. Zat cair sulit untuk dikompresi, untuk tujuan tujuan tertentu, zat cair biasanya dipandang sebagai zat yang tak mampu mampat (inkompresibel). Sejumlah massa tertentu dari suatu zat cair akan menempati suatu volume tertentu pula.

Gas relatif lebih mudah dikompresi dari pada zat cair. Perubahan volume akibat perubahan tekanan adalah sangat besar. Sejumlah massa suatu gas akan menempati seluruh ruangan yang melingkupinya.



Jenis jenis Fluida

1. Fluida Newtonian:

Fluida fluida yang mengikuti hukum Newton tentang viskositas disebut fluida Newtonian. Hukum Newton tentang viskositas adalah:

$$\tau = \mu \cdot dv/dy$$

dengan

τ = tegangan geser (shear stress)

μ = viskositas fluida

dv/dy = laju regangan, atau gradien kecepatan

Semua gas dan kebanyakan zat cair yang memiliki rumus molekul sederhana dan berat molekul yang kecil seperti air, benzena, etil alkohol, CCl_4 , heksana dan kebanyakan larutan dengan molekul molekul sederhana adalah fluida Newtonian.

2. Fluida non-Newtonian:

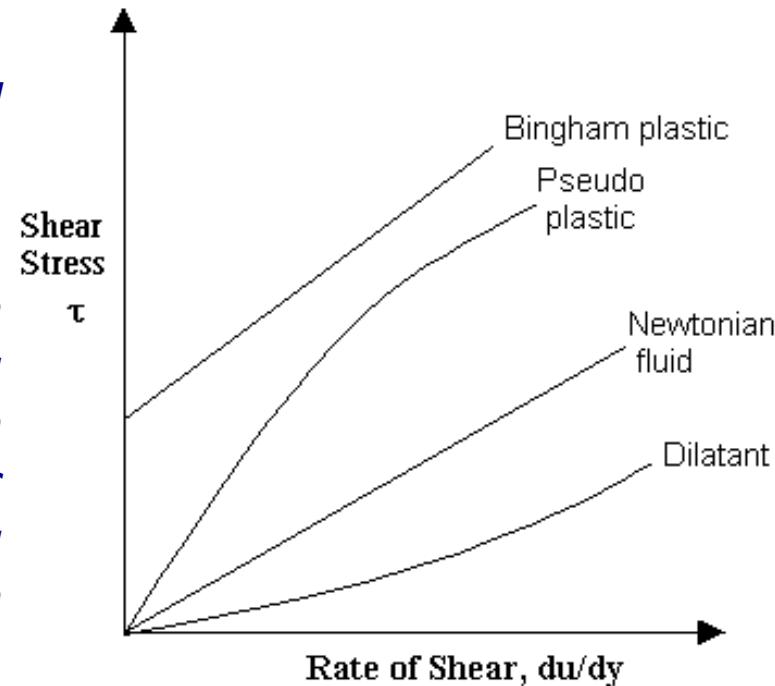
Fluida fluida yang tidak mengikuti hukum Newton tentang viskositas disebut fluida non-Newtonian. Umumnya fluida non-Newtonian adalah suatu campuran yang kompleks, seperti pasta, jelli, larutan polimer, dan lumpur. :



Berbagai perilaku fluida non-Newtonian:

Perilaku yang tidak bergantung waktu (Time-Independent behaviors):

- **Bingham-plastic:** Mampu menahan tegangan geser yang kecil namun akan mudah mengalir pada tegangan geser yang lebih besar. Dalam kategori ini seperti pasta gigi, jeli, dan lumpur.
- **Pseudo-plastic:** Banyak fluida non-Newtonian yang masuk dalam kategori ini. Viskositas fluida ini semakin rendah seiring meningkatnya gradien kecepatan (laju regangan). Masuk dalam kategori ini seperti larutan polimer, dan darah. Fluida pseudoplastic juga disebut Shear thinning fluids. Pada gradien kecepatan yang rendah (du/dy) viskositasnya lebih besar dari fluida Newtonian, dan pada gradien kecepatan yang tinggi viskositasnya lebih kecil.
- **Dilatant fluids:** Viskositasnya meningkat dengan meningkatnya gradien kecepatan. Dalam kategori ini seperti adonan kanji dan adonan pasir. Fluida Dilatant juga disebut shear thickening fluids.



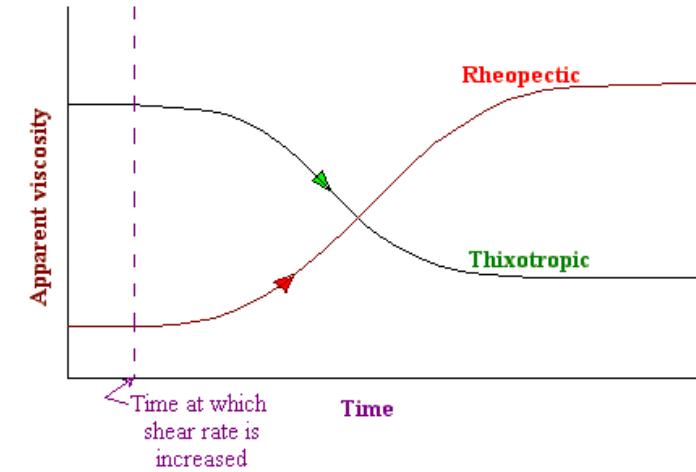
Perilaku yang bergantung waktu (*Time dependent behaviors*):

Perilakunya bergantung pada lama waktu gaya geser yang bekerja.

Thixotropic fluids: viskositas dinamiknya berkurang seiring waktu dimana gaya gaya geser dikenakan padanya. Dalam kategori ini seperti larutan cat.

Rheopectic fluids: viskositas dinamiknya meningkat seiring dengan waktu dikenakannya gaya gaya geser padanya. Dalam kategori ini seperti adonan gipsum dalam air.

Visco-elastic fluids: beberapa fluida menunjukkan sifat elastisnya, yang memungkinkannya kembali ke bentuk semula jika gaya geser yang bekerja dilepaskan, seperti putih telur.



Effect of sudden change of shear rate on apparent viscosity of time-dependent fluids



Sifat Sifat Fisik

Density & Specific Gravity

Viskositas

Tekanan uap (Vapor Pressure)

Kompresibilitas dan modulus bulk

Tegangan Permukaan

Kapilaritas

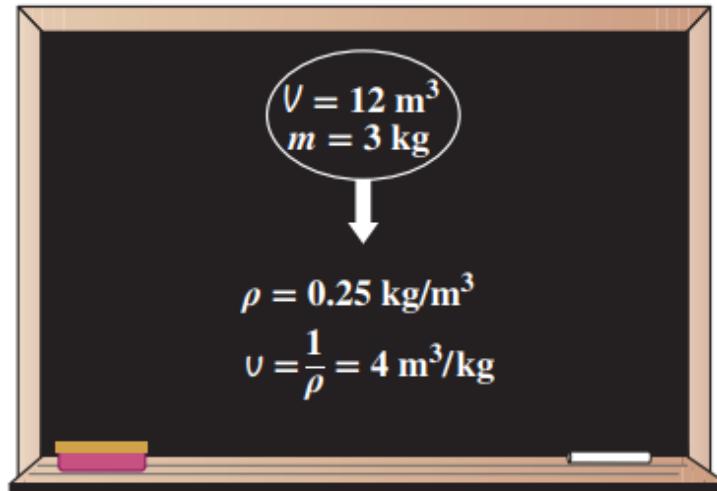


Sifat Sifat Fisik

Massa Jenis (Density)

Massa jenis didefinisikan sebagai massa per satuan volume

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg/m}^3)$$



Specific Gravity (berat jenis)

berat jenis, atau kerapatan relatif, dan didefinisikan sebagai rasio kerapatan suatu zat terhadap kerapatan beberapa zat standar pada suhu tertentu.

Specific gravity:

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$$

TABLE 2-1

The specific gravity of some substances at 20°C and 1 atm unless stated otherwise

Substance	SG
Water	1.0
Blood (at 37°C)	1.06
Seawater	1.025
Gasoline	0.68
Ethyl alcohol	0.790
Mercury	13.6
Balsa wood	0.17
Dense oak wood	0.93
Gold	19.3
Bones	1.7–2.0
Ice (at 0°C)	0.916
Air	0.001204



Sifat Sifat Fisik

Viskositas

Viskositas/kekentalan (μ) suatu fluida adalah ukuran kemampuannya menahan aliran dibawah tegangan geser yang dikenakannya. Satuan dari viskositas adalah $\text{kg}/(\text{m.sec})$, $\text{g}/(\text{cm.sec})$ (juga dikenal sebagai poise disingkat P). Centipoise (cP), seperseratus poise, juga sering dipakai. Kekentalan air pada temperatur ruangan adalah sekitar 1 centipoise.

Viskositas kinematik (ν) adalah ratio dari viskositas terhadap densitas:

$$\nu = \mu / \rho,$$

Viskositas zat cair:

Pada umumnya, viskositas zat cair menurun seiring meningkatnya temperatur. Viskositas (μ) zat cair bervariasi terhadap temperatur absolut mendekati persamaan berikut:

$$\ln \mu = a - b \ln T$$

Viskositas gas:

Viskositas gas meningkat dengan meningkatnya temperatur.

Viskositas (μ) beberapa gas dapat diperoleh dengan pendekatan persamaan:

$$\mu = \mu_o (T/T_o)^n$$



Sifat Sifat Fisik

Tekanan uap (Vapor Pressure)

Tekanan dimana suatu cairan akan mendidih disebut tekanan uapnya. Tekanan ini merupakan fungsi temperatur (tekanan uap meningkat seiring meningkatnya temperatur). Dalam kontek ini biasanya kita berpikir tentang temperatur dimana proses mendidih terjadi. Sebagai contoh, air mendidih pada 100°C di tekanan atmosfer (1 atm abs). Namun demikian, dalam kaitannya dengan tekanan uap, kita dapat katakan bahwa dengan menaikkan temperatur air kondisi atmosfer 100°C , kita meningkatkan tekanan uap pada suatu kondisi yang sama dengan tekanan atmosfer (1 atm abs), sehingga proses pendidihan terjadi. Ini artinya proses mendidih juga dapat terjadi pada temperatur di bawah 100°C jika tekanan di air tersebut kita turunkan sampai tekanan uapnya.

TABLE 2-2

Saturation (or vapor) pressure of water at various temperatures

Temperature $T, ^\circ\text{C}$	Saturation Pressure $P_{\text{sat}}, \text{kPa}$
-10	0.260
-5	0.403
0	0.611
5	0.872
10	1.23
15	1.71
20	2.34
25	3.17
30	4.25
40	7.38
50	12.35
100	101.3 (1 atm)
150	475.8
200	1554
250	3973
300	8581



Sifat Sifat Fisik

Kompresibilitas dan modulus bulk:

Semua materi, baik padat, cair, maupun gas sebenarnya mampu dimampatkan (compressible), sehingga volume V dari suatu massa tertentu akan berkurang menjadi $V - \delta V$ jika sebuah gaya dikenakan secara merata pada permukaannya. Jika gaya per satuan luas permukaan meningkat dari p menjadi $p + \delta p$, maka hubungan antara perubahan tekanan dengan perubahan volume tergantung pada modulus bulk material tersebut.

Beberapa nilai modulus bulk:

$K = 2.05 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ untuk air

$K = 1.62 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ untuk udara.

Bulk modulus (K) = (perubahan tekanan)/(regangan volumetrik)

Konsep modulus bulk utamanya digunakan untuk fluida cair, karena untuk gas, kompresibilitasnya begitu besar dan nilai K tidaklah konstan.



Sifat Sifat Fisik

Tegangan permukaan

Tegangan permukaan membuat seperti permukaan suatu fluida cair nampak seperti bentangan membrane yang elastis. Ada gejala alamiah dari fluida cair untuk meminimalkan luasan permukaannya. Karena alasan ini, suatu tetesan cairan akan berbentuk bola untuk meminimalkan luasan permukaannya. Untuk tetesan cairan sekecil tersebut, tegangan permukaan akan menyebabkan meningkatnya tekanan internal untuk mengimbangi gaya permukaannya.

$$\sigma_s = \frac{F}{2b}$$

TABLE 2-4

Surface tension of some fluids in air at 1 atm and 20°C (unless otherwise stated)

Fluid	Surface Tension σ_s , N/m*
† Water:	
0°C	0.076
20°C	0.073
100°C	0.059
300°C	0.014
Glycerin	0.063
SAE 30 oil	0.035
Mercury	0.440
Ethyl alcohol	0.023
Blood, 37°C	0.058
Gasoline	0.022
Ammonia	0.021
Soap solution	0.025
Kerosene	0.028

* Multiply by 0.06852 to convert to lbf/ft.

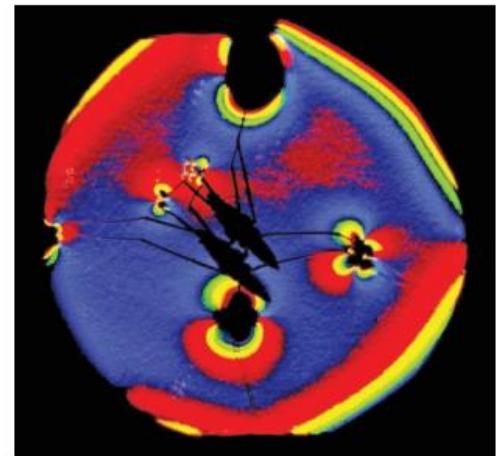
† See Appendices for more precise data for water.



(a)



(b)



(c)

FIGURE 2-31

Some consequences of surface tension:
 (a) drops of water beading up on a leaf,
 (b) a water strider sitting on top of the surface of water, and (c) a color schlieren image of the water strider revealing how the water surface dips down where its feet contact the water (it looks like two insects but the second one is just a shadow).



Sifat Sifat Fisik

Kapilaritas

Naik atau turunnya suatu fluida cair dalam suatu tabung kapiler disebabkan oleh tegangan permukaan dan bergantung pada besaran relatif antara gaya kohesi dalam cairan dan adesi cairan tersebut dengan dinding tabung.

Cairan akan naik dalam tabung kapiler jika membasahi ($\text{adesi} > \text{kohesi}$) dan jatuh jika tidak membasahi ($\text{kohesi} > \text{adesi}$).

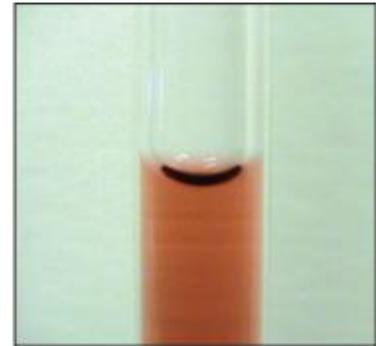


FIGURE 2-36

The meniscus of colored water in a 4-mm-inner-diameter glass tube. Note that the edge of the meniscus meets the wall of the capillary tube at a very small contact angle.

Photo by Gabrielle Trembley, Pennsylvania State University. Used by permission.

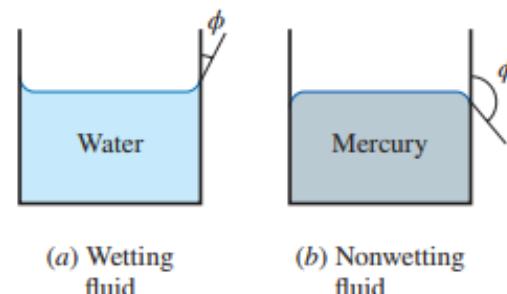


FIGURE 2-35

The contact angle for wetting and nonwetting fluids.

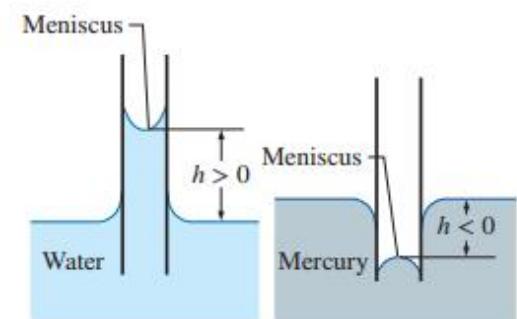


FIGURE 2-37

The capillary rise of water and the capillary fall of mercury in a small-diameter glass tube.

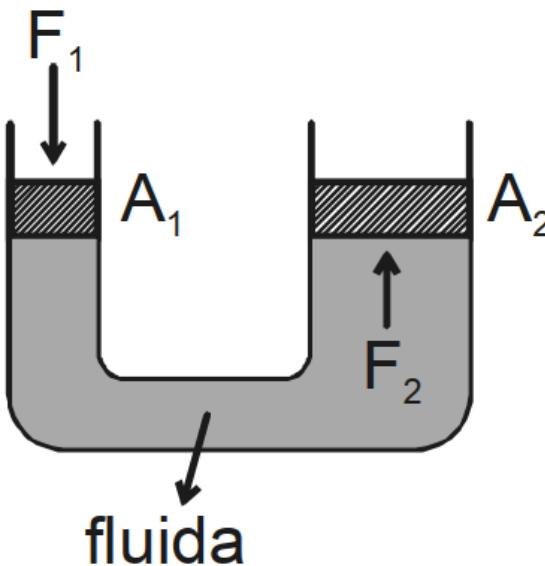


Hukum Pascal

Tekanan yang diberikan pada suatu zat cair yang ada di dalam ruang tertutup diteruskan ke segala arah dengan sama besar.

$$p_2 = p_1$$

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



fluida

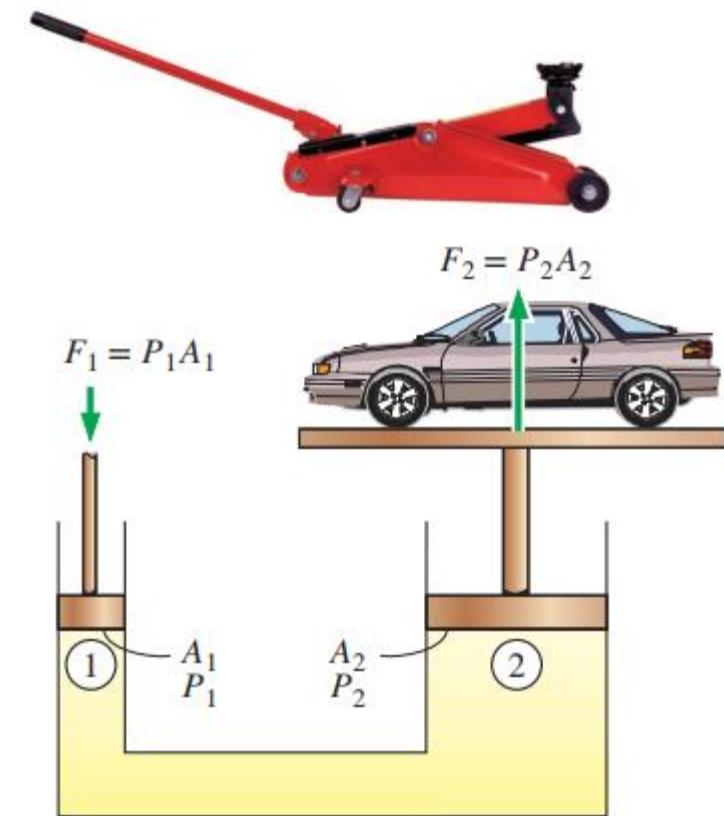


FIGURE 3-11

Lifting of a large weight by a small force by the application of Pascal's law. A common example is a hydraulic jack.

(Top) © Stockbyte/Getty Images RF



Remaining Meeting Time: 03:25 | Upgrade to Pro

		Fadzliyl Amri(MP)	Muhammad Yunus	
ELIA DEMIYANU...	Latisman Djabu...	Juma djabumon...		Fernando Lambi...
Randi(MP)Amq...				

Mute

Start Video

Security

Participants 22

Chat

Share Screen

Record

Reactions

End

54%

30°C Hujan

16:15
05/11/2021

1