

ALIRAN EKSTERNAL



POKOK MATERI

- Perkenalan
 - Drag (tarikan) dan lift
 - Gesekan dan tekanan drag
 - Koefisien drag pada geometris umum
- Aliran parallel yang mengalir pada pelat datar
- Aliran yang mengalir dalam silinder dan bidang bulat
 - Lift



1. INTRODUCING



- Pada materi di buku Manson flow fluid over bodies juga sering disebut dengan aliran eksternal
- Salah satu aplikasi dari mekanika fluida tentang aliran adalah aliran internal dan eksternal
- Dimana aliran eksternal aplikasinya sangat banyak yang berhubungan dengan fenomena fisik



2. DRAG DAN LIFT



- Perlu diingat pembagian antara blunt dan bluff body yang berkaitan dengan bentuk benda yang dilewati
- Kekuatan pada aliran fluida yang dikerahkan pada bodi suatu benda disebut Drag
 - Pengurangan hambatan berkaitan dengan penyusunan konsumsi BBM pada mobil, kapal selam, maupun pesawat sehingga dapat meningkatkan keamanan dan ketahanan struktur yang terkena fluida serta berkurangnya suara dan getaran



FIGURE 11-3

It is much easier to force a streamlined body than a blunt body through a fluid.



- Untuk menganalisa drag-lift didapat persamaan differensial

$$dF_D = -P dA \cos \theta + \tau_w dA \sin \theta \quad (11-1)$$

and

$$dF_L = -P dA \sin \theta - \tau_w dA \cos \theta \quad (11-2)$$

- Jika di kejakan secara computational atau simulasi CFD maka dapat diselesaikan secara numerik dengan menggunakan persamaan

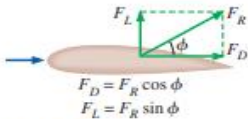
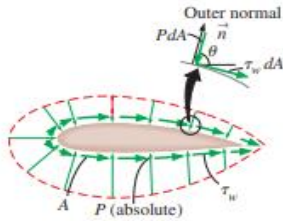


FIGURE 11-5

The pressure and viscous forces acting on a two-dimensional body and the resultant lift and drag forces.

Drag force: $F_D = \int_A dF_D = \int_A (-P \cos \theta + \tau_w \sin \theta) dA \quad (11-3)$

and

Lift force: $F_L = \int_A dF_L = - \int_A (P \sin \theta + \tau_w \cos \theta) dA \quad (11-4)$

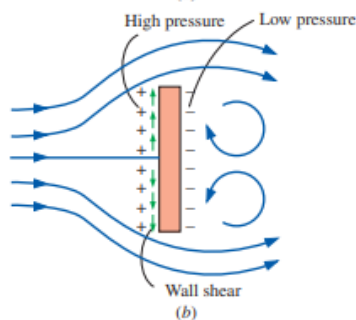
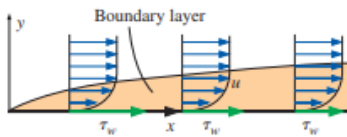


FIGURE 11-6

(a) Drag force acting on a flat plate parallel to the flow depends on wall shear only. (b) Drag force acting on a flat plate normal to the flow depends on the pressure only and is independent of the wall shear, which acts normal to the free-stream flow.

- Drag bergantung pada wall shear sehingga mengakibatkan drag
- Drag terjadi karena perbedaan tekanan sehingga dapat di bagi menjadi 2 jenis drag yakni friction drag dan pressure drag



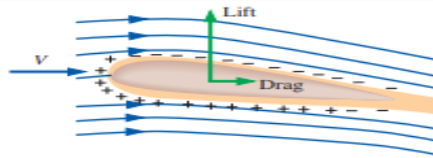


FIGURE 11-7

Airplane wings are shaped and positioned to generate sufficient lift during flight while keeping drag at a minimum. Pressures above and below atmospheric pressure are indicated by plus and minus signs, respectively.

- Karena perbedaan tekanan antara permukaan airfoil dimana pada pressure region mengakibatkan lift, aliran fluida yang berinteraksi dengan permukaan benda mengakibatkan adanya drag
- Drag dan lift force bergantung pada densitas fluida, upstream velocity, ukuran benda, dan shape sehingga didapat persamaan untuk koefisien drag dan lift dengan persamaan

Drag coefficient:
$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \quad (11-5)$$

Lift coefficient:
$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \quad (11-6)$$

3. GESEKAN DAN TEKANAN DRAG

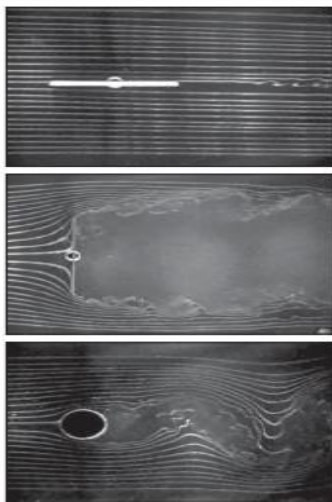


FIGURE 11-10

Drag is due entirely to *friction drag* for a flat plate parallel to the flow; it is due entirely to *pressure drag* for a flat plate normal to the flow; and it is due to *both* (but mostly *pressure drag*) for a cylinder normal to the flow. The total drag coefficient C_D is lowest for a parallel flat plate, highest for a vertical flat plate, and in between (but close to that of a vertical flat plate) for a cylinder.

- Gambar dilihat dari struktur mikro hasil dari eksperimen
- Pada bagian depan pipa terdapat net force yang diberikan oleh fluida kepada permukaan benda dan adanya pengaruh dari wall shear dan tekanan skin friction drag
- Bagian drag yang terkena tekanan secara langsung disebut tekanan drag
- Sehingga untuk koefisien total drag dapat persamaan

$$C_{D, \text{friction}} = \frac{F_{D, \text{friction}}}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \quad \text{and} \quad C_{D, \text{pressure}} = \frac{F_{D, \text{pressure}}}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \quad (11-9)$$

$$C_D = C_{D, \text{friction}} + C_{D, \text{pressure}} \quad \text{and} \quad F_D = F_{D, \text{friction}} + F_{D, \text{pressure}} \quad (11-10)$$



- Karena bilangan Reynold berbanding terbalik dengan viskositas fluida maka kontribusi friction drag ke total drag untuk blunt bodies yang tumpul lebih rendah angka Reynold yang tinggi, dan jika bilangan Reynold di naikan maka friction drag semakin kecil karena flownya akan streamline
- Friction drag sebanding dengan luas permukaan
- Friction drag coefficient adalah analogi dari factor gesekan dalam aliran pipa
- Pressure drag yang mendominasi pada blunt bodies biasanya kecil sehingga untuk air foil nilainya sangat kecil dan nilainya 0 untuk pelat datar
- Pressure drag akan signifikan ketika aliran fluida tinggi dan tidak bisa mengikuti permukaan bola

Shape and flow	Form Drag	Skin friction
	0%	100%
	~10%	~90%
	~90%	~10%
	100%	0%



- Hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi drag disebut streamline
- Untuk mengurangi flow separation dan pressure drag dapat dicapai dengan merampingkan bodi
- Streamlining might decrease dapat mengurangi drag dan gaya gesek pada waktu yang sama
- Pada suatu optimasi untuk mengurangi drag pada bodi harus mempertimbangkan efek both dan meminimal jumlahnya

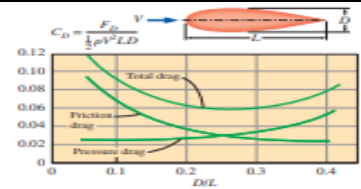


FIGURE 11-11
The variation of friction, pressure, and total drag coefficients of a two-dimensional streamlined strut with thickness-to-chord length ratio for $Re = 4 \times 10^4$. Note that C_D for airfoils and other thin bodies is based on planform area rather than frontal area.
Data from Abbott and von Doenhoff (1959).

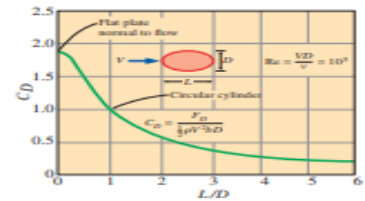
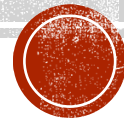
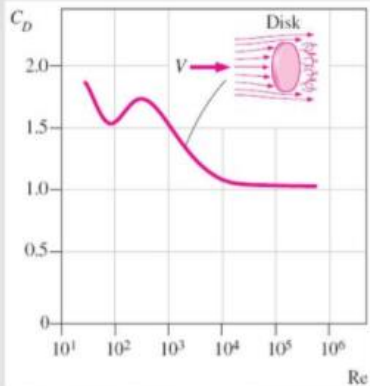


FIGURE 11-12
The variation of the drag coefficient of a long elliptical cylinder with aspect ratio. Here C_D is based on the frontal area bD where b is the width of the body.
Data from Blizius (1984).

KOEFISIEN DRAG PADA GEOMETRIS UMUM





Koefisien drag memiliki perilaku yang berbeda pada beberapa tipe aliran berdasarkan reynold number nya. Low Re (creeping), moderate Re (laminar), and high Re (turbulent). inertia effects diabaikan pada aliran low Reynolds number ($Re < 1$), atau dinamakan *creeping flows*, and fluida mengalir di permukaan benda dengan lancar.

$$C_D = \frac{24}{Re} \quad (Re \leq 1)$$

Creeping flow, sphere

$$F_D = C_D A \frac{\rho V^2}{2} = \frac{24}{Re} A \frac{\rho V^2}{2} = \frac{24}{\rho V D / \mu} \frac{\pi D^2}{4} \frac{\rho V^2}{2} = 3\pi\mu V D$$

Koefisien drag untuk beberapa geometri adalah tetap pada bilangan Reynolds di atas 10^4 .

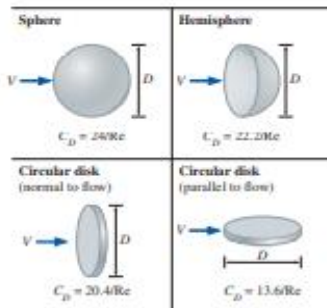


FIGURE 11-18 Drag coefficients C_D at low Reynolds numbers ($Re \lesssim 1$ where $Re = VD/\nu$ and $A = \pi D^2/4$).

TABLE 11-1

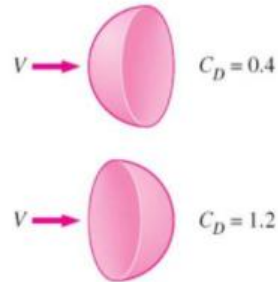
Drag coefficients C_D of various two-dimensional bodies for $Re > 10^4$ based on the frontal area $A = bD$, where b is the length in direction normal to the page (for use in the drag force relation $F_D = C_D A \rho V^2/2$ where V is the upstream velocity)

<p>Square rod</p>	<p>Rectangular rod</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>L/D</th> <th>C_D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0*</td><td>1.9</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>1.9</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>2.0</td><td>1.7</td></tr> <tr><td>3.0</td><td>1.3</td></tr> </tbody> </table> <p>* Corresponds to thin plate</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>L/D</th> <th>C_D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.5</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>2.0</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>4.0</td><td>0.7</td></tr> </tbody> </table>	L/D	C_D	0.0*	1.9	0.1	1.9	0.5	2.5	1.0	2.2	2.0	1.7	3.0	1.3	L/D	C_D	0.5	1.2	1.0	0.9	2.0	0.7	4.0	0.7
L/D	C_D																								
0.0*	1.9																								
0.1	1.9																								
0.5	2.5																								
1.0	2.2																								
2.0	1.7																								
3.0	1.3																								
L/D	C_D																								
0.5	1.2																								
1.0	0.9																								
2.0	0.7																								
4.0	0.7																								
<p>Circular rod (cylinder)</p> <p>Laminar: $C_D = 1.2$ Turbulent: $C_D = 0.3$</p>	<p>Elliptical rod</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">L/D</th> <th colspan="2">C_D</th> </tr> <tr> <th>Laminar</th> <th>Turbulent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2</td><td>0.60</td><td>0.20</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.35</td><td>0.15</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.25</td><td>0.10</td></tr> </tbody> </table>	L/D	C_D		Laminar	Turbulent	2	0.60	0.20	4	0.35	0.15	8	0.25	0.10										
L/D	C_D																								
	Laminar	Turbulent																							
2	0.60	0.20																							
4	0.35	0.15																							
8	0.25	0.10																							
<p>Equilateral triangular rod</p> <p>$C_D = 1.5$ $C_D = 2.0$</p>	<p>Semicircular shell</p> <p>$C_D = 2.3$ $C_D = 1.2$</p>																								
	<p>Semicircular rod</p> <p>$C_D = 1.7$ $C_D = 1.7$</p>																								

Observations from the drag coefficient tables

Orientasi benda terhadap arah aliran memiliki pengaruh besar pada koefisien drag.

A hemisphere at two different orientations for $Re > 10^4$



Koefisien drag suatu benda dapat berubah secara drastis dengan mengubah orientasi benda terhadap arah aliran.



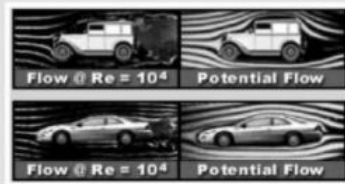
Drag Coefficients of Vehicles

Koefisien drag untuk kendaraan berkisar **1,0 untuk semitrailer** besar **0,4 untuk minivan**, **0,3 untuk mobil penumpang**, dan **0,2 untuk mobil balap**. Batas bawah teoritis adalah **sekitar 0,1**.

Secara umum, semakin tumpul kendaraan, semakin tinggi pula koefisien drag.



Toyota Prius yang tampak ramping ini memiliki koefisien drag 0,26 salah satu yang terendah untuk mobil penumpang.



9



- λ Sebuah eksperimen pada high reynold number. Total drag force yang bekerja pada sebuah bola dengan diameter $D = 12$ cm adalah $5,2$ N. pressure drag yang bekerja pada bola tersebut adalah $4,9$ N. hitung koefisien friction drag dari benda tersebut. (properties udara 1 atm dan 5° C).
- λ Jawab :
- λ properties udara pada 1 atm dan 5° C :
- λ density = $1,269$ kg/m³
- λ
- λ Koefisien drag bola untuk aliran turbulen $C_D = 0,2$
- λ Luas front area bola $A = D^2/4$
- λ Total drag force adalah penjumlahan pressure dan friction drag sehingga friction drag dapat kita cari,

$$F_{D,\text{friction}} = F_D - F_{D,\text{pressure}} = 5.2 - 4.9 = 0.3 \text{ N}$$

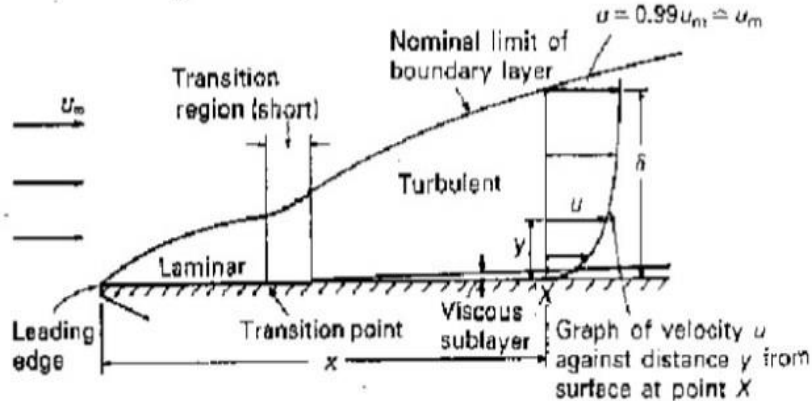
$$C_{D,\text{friction}} = \frac{F_{D,\text{friction}}}{F_D} C_D = \frac{0.3 \text{ N}}{5.2 \text{ N}} (0.2) = 0.0115$$

$$F_D = C_D A \frac{\rho V^2}{2} \quad \text{and} \quad F_{D,\text{friction}} = C_{D,\text{friction}} A \frac{\rho V^2}{2}$$



5. ALIRAN PARALEL YANG MENGALIR PADA PELAT DATAR





- Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran fluida yang bergerak pada lapisan/laminan dengan satu lapisan luncur pada lapisan yang bersebelahan dengan saling bertukar momentum secara molekuler
- Aliran turbulen bersekala kecil yang terdiri dari pusaran kecil untuk mengubah energy mekanik dengan ketidakmampubalikan melalui kerja viskos

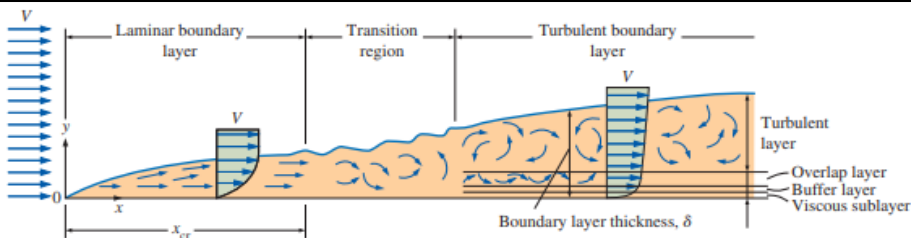


FIGURE 11-25

The development of the boundary layer for flow over a flat plate, and the different flow regimes. Not to scale.

- Untuk aliran parallel diatas pelat datar tekanan akan 0, sehingga koefisien drag sama dengan koefisien tarik gesekan

$$\text{Flat plate: } C_D = C_{D, \text{friction}} = C_f \quad (11-13)$$

- Setelah rata-rata gesekan Tarik (C_f) ditentukan maka gesekan permukaan dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{Friction force on a flat plate: } F_D = F_f = \frac{1}{2} C_f A \rho V^2 \quad (11-14)$$



- Pada aliran transisi yakni dari aliran laminar ke turbulenta fluida bergerak dan bergantung pada moment dan geometris, permukaan, kekasaran permukaan, tipe fluida yang ditandai dengan bilangan Reynold

- Laminar pada plat datar

$$Nu = \frac{hL}{k} = 0,664 Re_L^{0,5} Pr^{1/3} \quad Re_e < 5 \times 10^5$$

- Turbulent pada plat datar

$$Nu = \frac{hL}{k} = 0,037 Re_L^{0,8} Pr^{1/3} \quad Re_e \leq 0,6 Pr 60$$

$$5 \times 10^5 \leq Re_L \leq 10^7$$

- Transisi

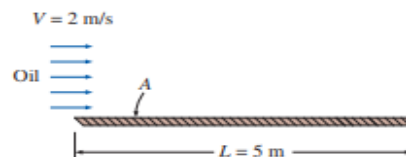
$$Nu = \frac{hL}{k} = (0,037 Re_L^{0,8} \cdot 871) Pr k^{1/3} \quad Re_e 0, \leq 6 Pr 60$$

$$5 \times 10^5 \leq Re_L \leq 10^7$$

$$Re_{x,cr} = \frac{\rho V x_{cr}}{\mu} = 5 \times 10^5$$

$$Re_x = \frac{\rho V x}{\mu} = \frac{V x}{\nu} \quad (11-15)$$

Contoh: Minyak pada mesin dengan temperature 40° mengalir melalui sebuah pelat dengan panjang 5 m dengan kecepatan 2 m/s, tentukan gaya tarik pada plat per lebar pada setiap unitnya?



SOLUTION Engine oil flows over a flat plate. The drag force per unit width of the plate is to be determined.

Assumptions 1 The flow is steady and incompressible. 2 The critical Reynolds number is $Re_{cr} = 5 \times 10^5$.

Properties The density and kinematic viscosity of engine oil at 40°C are $\rho = 876 \text{ kg/m}^3$ and $\nu = 2,485 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Analysis Noting that $L = 5 \text{ m}$, the Reynolds number at the end of the plate is

$$Re_L = \frac{VL}{\nu} = \frac{(2 \text{ m/s})(5 \text{ m})}{2,485 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}} = 4,024 \times 10^4$$

which is less than the critical Reynolds number. Thus we have *laminar flow* over the entire plate, and the average friction coefficient is (Fig. 11–29)

$$C_f = 1,328 Re_L^{-0,5} = 1,328 \times (4,024 \times 10^4)^{-0,5} = 0,00662$$

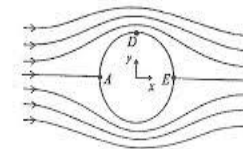
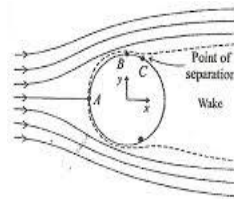
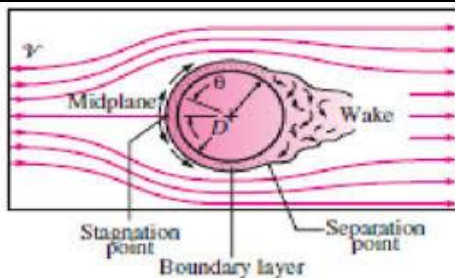
Noting that the pressure drag is zero and thus $C_D = C_f$ for parallel flow over a flat plate, the drag force acting on the plate per unit width becomes

$$F_D = C_f A \frac{\rho V^2}{2} = 0,00662(5 \times 1 \text{ m}^2) \frac{(876 \text{ kg/m}^3)(2 \text{ m/s})^2}{2} \left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2} \right) = 58,0 \text{ N}$$

The total drag force acting on the entire plate can be determined by multiplying the value just obtained by the width of the plate.

Discussion The force per unit width corresponds to the weight of a mass of about 6 kg. Therefore, a person who applies an equal and opposite force to the plate to keep it from moving will feel like he or she is using as much force as is necessary to hold a 6-kg mass from dropping.

6. ALIRAN YANG MENGALIR PADA SILINDER DAN BIDANG BULAT



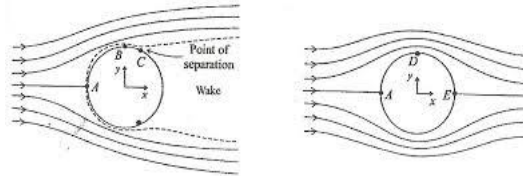
- Angka kritis Reynold untuk aliran melintang pada silinder dan bola adalah $Re_{cr} \approx 2 \times 10^5$
- Lapisan batas akan tetap berupa aliran laminar pada $Re \leq 2 \times 10^5$ dan akan berubah menjadi aliran turbulen pada $Re \geq 2 \times 10^5$
- Aliran yang mengenai silinder dan bola pada umumnya melibatkan pemisahan aliran yang akan sulit dipecahkan secara analisi sehingga perlu dipelajari secara eksperimen dan numerik
- Sehingga fluida yang mengalir pada silinder didapat persamaan dengan menentukan angka Nusselt



$$Nu_{cylinder} = \frac{h.D}{k} = 0.3 + \frac{0.62 Re^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0.4}{Pr}\right)^{2/3}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5}$$

- Untuk aliran yang mengenai bola

$$Nu_{sphere} = \frac{h.D}{k} = 2 + \left[0.4 Re^{1/2} + 0.06 Re^{2/3}\right] Pr^{0.4} \left(\frac{\mu_{\infty}}{\mu_s}\right)^{1/4}$$



- Dimana persamaan tsb akan valid digunakan pada

$$3,5 \leq Re \leq 80.000 \text{ dan } 0,7 \leq Pr \leq 380$$

- Nilai angka Nusselt rata-rata untuk aliran yang mengenai silinder secara singkat dapat dirumuskan

$$Nu_{cyl} = \frac{h.D}{k} = C \cdot Re^m \cdot Pr^n$$

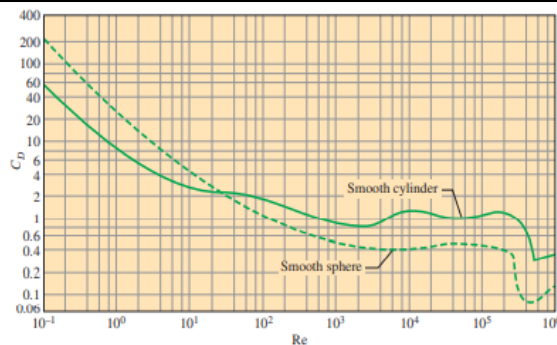




FIGURE 11-34
Average drag coefficient for cross-flow over a smooth circular cylinder and a smooth sphere.

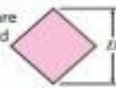




Data from H. Schlichting.

TABLE 19-2

Empirical correlations for the average Nusselt number for forced convection over circular and noncircular cylinders in cross-flow

Reprinted from *Advances in Heat Transfer*, ed. J.P. Hartnett & F.F. Irvine, vol. 8, A. Zhukauskas, "Heat Transfer from Tubes in Cross Flow," copyright 1972, with permission from Elsevier.

Cross section of the cylinder	Fluid	Range of Re	Nusselt number
	Gas or liquid	0.4–4	$Nu = 0.989 Re^{0.330} Pr^{1/3}$
		4–40	$Nu = 0.913 Re^{0.385} Pr^{1/3}$
		40–4000	$Nu = 0.583 Re^{0.466} Pr^{1/3}$
		4000–40,000	$Nu = 0.193 Re^{0.618} Pr^{1/3}$
		40,000–400,000	$Nu = 0.027 Re^{0.805} Pr^{1/3}$
	Gas	5000–100,000	$Nu = 0.102 Re^{0.675} Pr^{1/3}$

Square (tilted 45°)		Gas	5000–100,000	$Nu = 0.246Re^{0.588} Pr^{1/3}$
Hexagon		Gas	5000–100,000	$Nu = 0.153Re^{0.618} Pr^{1/3}$
Hexagon (tilted 45°)		Gas	5000–19,500 19,500–100,000	$Nu = 0.160Re^{0.618} Pr^{1/3}$ $Nu = 0.0385Re^{0.782} Pr^{1/3}$
Vertical plate		Gas	4000–15,000	$Nu = 0.228Re^{0.731} Pr^{1/3}$
Ellipse		Gas	2500–15,000	$Nu = 0.248Re^{0.612} Pr^{1/3}$

The Nusselt number can be determined from

$$\begin{aligned}
 Nu &= \frac{hD}{k} = 0.3 + \frac{0.62 Re^{1/2} Pr^{1/3}}{[1 + (0.4/Pr)^{1/4}]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re}{282,000} \right)^{4/5} \right]^{1/4} \\
 &= 0.3 + \frac{0.62(4.219 \times 10^4)^{1/2} (0.7202)^{1/3}}{[1 + (0.4/0.7202)^{1/4}]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{4.219 \times 10^4}{282,000} \right)^{4/5} \right]^{1/4} \\
 &= 124
 \end{aligned}$$



EXAMPLE 11–4 Drag Force Acting on a Pipe in a River

A 2.2-cm-outer-diameter pipe is to span across a river at a 30-m-wide section while being completely immersed in water (Fig. 11–38). The average flow velocity of water is 4 m/s and the water temperature is 15°C. Determine the drag force exerted on the pipe by the river.

SOLUTION A pipe is submerged in a river. The drag force that acts on the pipe is to be determined.

Assumptions 1 The outer surface of the pipe is smooth so that Fig. 11–34 can be used to determine the drag coefficient. 2 Water flow in the river is steady. 3 The direction of water flow is normal to the pipe. 4 Turbulence in river flow is not considered.

Properties The density and dynamic viscosity of water at 15°C are $\rho = 999.1 \text{ kg/m}^3$ and $\mu = 1.138 \times 10^{-3} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$.

Analysis Noting that $D = 0.022 \text{ m}$, the Reynolds number is

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{(999.1 \text{ kg/m}^3)(4 \text{ m/s})(0.022 \text{ m})}{1.138 \times 10^{-3} \text{ kg/m}\cdot\text{s}} = 7.73 \times 10^4$$

The drag coefficient corresponding to this value is, from Fig. 11–34, $C_D = 1.0$. Also, the frontal area for flow past a cylinder is $A = LD$. Then the drag force acting on the pipe becomes

$$\begin{aligned}
 F_D &= C_D A \frac{\rho V^2}{2} = 1.0(30 \times 0.022 \text{ m}^2) \frac{(999.1 \text{ kg/m}^3)(4 \text{ m/s})^2}{2} \left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2} \right) \\
 &= 5275 \text{ N} \approx 5300 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Discussion Note that this force is equivalent to the weight of a mass over 500 kg. Therefore, the drag force the river exerts on the pipe is equivalent to hanging a total of over 500 kg in mass on the pipe supported at its ends 30 m apart. The necessary precautions should be taken if the pipe cannot support this force. If the river were to flow at a faster speed or if turbulent fluctuations in the river were more significant, the drag force would be even larger. *Unsteady* forces on the pipe might then be significant.

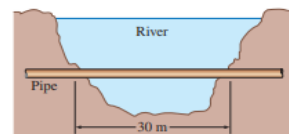


FIGURE 11–38
Schematic for Example 11–4.



7. LIFT



- Lift atau gaya angkat adalah gaya yang mengangkat suatu benda keatas yang terjadi karena tekanan dibawah lebih besar dari tekanan yang berada diatas benda
- Lift atau gaya angkat juga merupakan komponen yang bekerja pada suatu benda yang arahnya tegak lurus terhadap aliran sehingga dapat dirumuskan

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

- Dimana: C_L sebagai koefisien lift dan F_L sebagai gaya lift
- Lift atau daya angkat di definisikan sebagai komponen dari gaya net (karena kedekatan dan tekanan) yang tegak lurus thd aliran kotor
 - $F_L = \int_A dF_L \int_A (P \cdot \sin\theta + \tau_w \cdot \cos\theta) dA$
- Dimana: dF_L merupakan distribusi tekanan seluruh permukaan airfoil, τ_w merupakan shear stress/tegangan geser

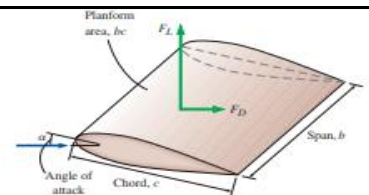


FIGURE 11-39
Definition of various terms associated with an airfoil.



- Pada airfoil efek viskositas diabaikan karena bentuknya streamline shg fluida dapat mengikuti permukaan airfoil dan didapatkan estimasi distribusi tekanan pada bodi airfoil shg yang berkontribusi lebih besar dari gaya lift adalah bentuk di bendanya sendiri
- Karena airfoil mengenerate fluida pada permukaannya maka tekanan pada airfoil bagian atas diinginkan sekecil mungkin dan sebaliknya
- Sesuai prinsip Bernoulli maka konsekuensinya adalah kecepatan aliran fluida pada air foil lebih tinggi di bagian atas dan lebih rendah di bagian bawah

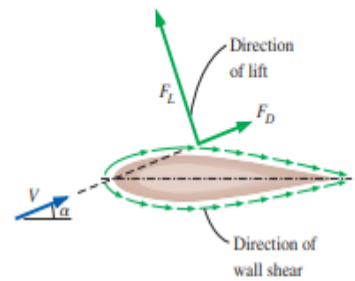


FIGURE 11-40

For airfoils, the contribution of viscous effects to lift is usually negligible since wall shear is parallel to the surfaces and thus nearly normal to the direction of lift.



- Pada sudut 0 dari tekanan lift yang dihasilkan oleh airfoil simetris adalah 0 karena titik leading berada pada bagian tepi
- Pada sudut attack airfoil yang nonsimetris titik stagnan depan telah bergerak turun dibawah tepi depan dan titik stagnan belakang pindah ke permukaan atas

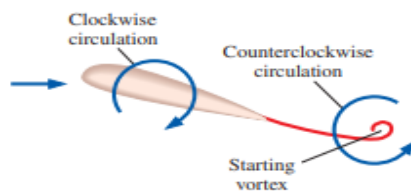


FIGURE 11-42

Shortly after a sudden increase in angle of attack, a counterclockwise starting vortex is shed from the airfoil, while clockwise circulation appears around the airfoil, causing lift to be generated.

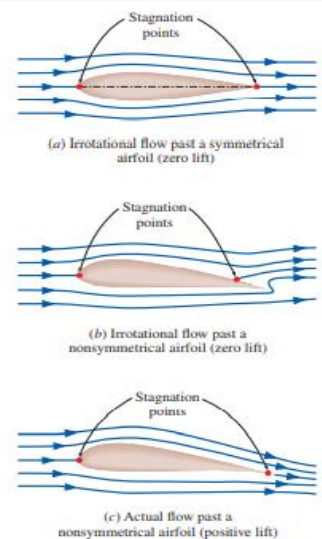


FIGURE 11-41

Irrotational and actual flow past symmetrical and nonsymmetrical two-dimensional airfoils.



- Airfoil dirancang untuk mendapatkan daya angkat terbanyak dan menghasilkan tarikan sedikit
- Ukuran performa dari airfoil adalah rasio lift-drag C_L/C_D
- Misal pada aplikasi pesawat boeing 727 dengan lipatan 3x pada tepi taling dan slot padapuncak minimum shg total w adalah

$$W = F_L = \frac{1}{2} C_{L, \max} \rho V_{\min}^2 A \rightarrow V_{\min} = \sqrt{\frac{2W}{\rho C_{L, \max} A}} \quad (11-24)$$

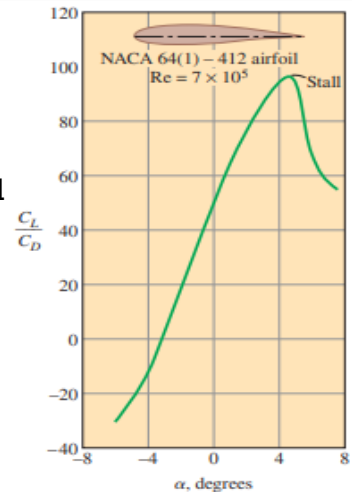


FIGURE 11-43

The variation of the lift-to-drag ratio with angle of attack for a two-dimensional airfoil.

Data from Abbott, von Doenhoff, and Stivers (1945).



FIGURE 11-44

The lift and drag characteristics of an airfoil during takeoff and landing are changed by changing the shape of the airfoil by the use of movable flaps.

Photos by Yunus Çengel.



(a) Flaps extended (landing)



(b) Flaps retracted (cruising)

- Pada pesawat terbang air foil dapat sedikit dimodifikasi flap areanya karena lift force itu nilainya berbanding terbalik dengan luas areanya

- Pada kondisi take off grafik tsb digunakan

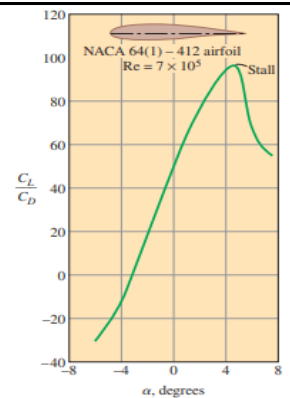


FIGURE 11-43

The variation of the lift-to-drag ratio with angle of attack for a two-dimensional airfoil.

Data from Abbott, von Doenhoff, and Stivers (1945).



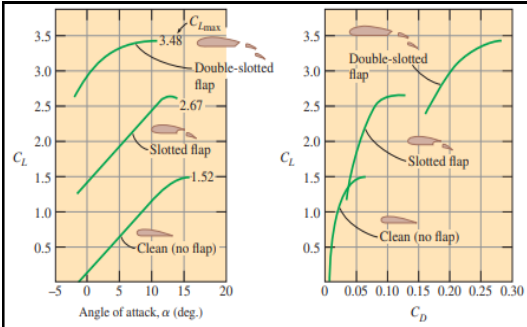


FIGURE 11-45
Effect of flaps on the lift and drag coefficients of an airfoil.
Data from Abbott and von Doenhoff, for NACA 23012 (1959).

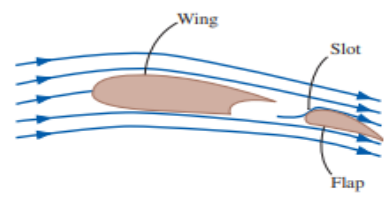


FIGURE 11-46
A flapped airfoil with a slot to prevent the separation of the boundary layer from the upper surface and to increase the lift coefficient.

- Faktor yang diperhatikan efek kecepatan minimum untuk pesawat ketika take off maka dapat diasumsikan lift minimum harus equal dengan gaya berat atau massa dibagi dengan gravitasi

$$W = F_L = \frac{1}{2} C_{L,max} \rho V_{min}^2 A \rightarrow V_{min} = \sqrt{\frac{2W}{\rho C_{L,max} A}} \quad (11-24)$$

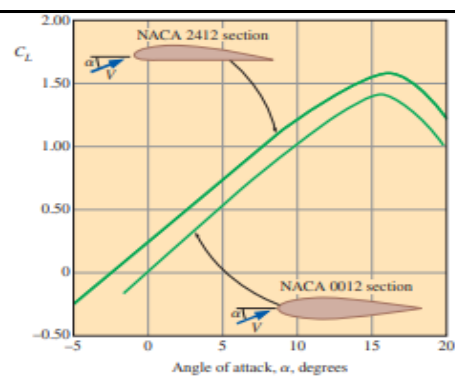


FIGURE 11-47
The variation of the lift coefficient with angle of attack for a symmetrical and a nonsymmetrical airfoil.
Data from Abbott (1945, 1959).

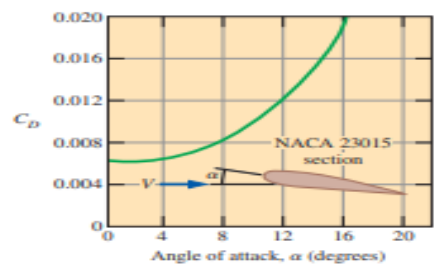


FIGURE 11-48
The variation of the drag coefficient of an airfoil with angle of attack.
Data from Abbott and von Doenhoff (1959).

