

BAB 12

DINAMIKA FLUIDA

12.1. Pendahuluan

Pada umumnya materi dapat di bedakan menjadi tiga wujud, yaitu padat, cair dan gas. *Benda padat* memiliki sifat mempertahankan bentuk dan ukuran yang tetap. Jika gaya bekerja pada benda padat, benda tersebut tidak langsung berubah bentuk atau volumenya.

Benda cair tidak mempertahankan bentuk tetap, melainkan mengambil bentuk seperti tempat yang di tempatinya, dengan volume yang tetap, sedangkan *gas* tidak memiliki bentuk dan volume tetap melainkan akan terus berubah dan mmenyebar memenuhi tempatnya. Karena keduanya memiliki kemampuan untuk mengalir. Zat memiliki kemampuan untuk mengalir disebut dengan zat cair atau fluida.

Fluida dibedakan menjadi *fluida static* yaitu fluida dalam keadaan diam tidak mengalir dan *fluida dinamik*. Fluida terbagi atas berbagai macam gaya-gaya maupun tekanan-tekanan di dalam fluida yang diam.

12.2. TEKANAN HIDROSTATIK

12.2.1. Tekanan

Konsep tekanan sangat penting dalam mempelajari sifat fluid. Besar tekanan didefinisikan sebagai gaya tiap satuan luas. Apabila gaya sebesar F bekerja secara gerak lurus dan merata pada permukaan bidang seluas A tekanan pada permukaan itu dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$p = \frac{F}{A} \quad (12.1)$$

Keterangan :

P : tekanan

F : gaya (N)

A : luas (m^2)

Satuan tekanan dalam SI adalah NM^2 atau disebut juga pascal, disingkat *Pa*. Untuk tekanan udara kadang-kadang masih dapat digunakan satuan *atmosfer (atm)*, *cm raksa (cmHg)* atau *milibar (mb)*.

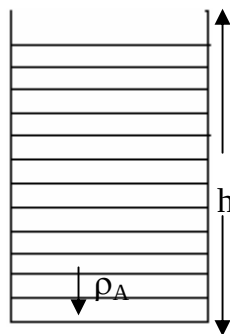
1 mb	= 10^{-3} bar
1 bar	= 10^5 Pa
1 atm	= 76 cmHg = $1,01 \times 10^5$ Pa
1mmHg	= 1 torr = $1,1316 \times 10^{-3}$ atm, = 133,3 Pa

Dalam praktik, tekanan seringkali diukur dalam millimeter air raksa (biasanya dinamakan torr, menurut fisikawan Italia Toricelli)

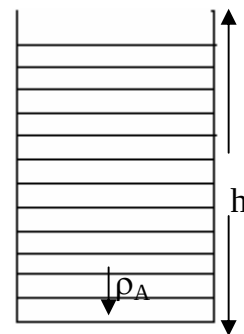
Berdasarkan perumusan di atas tekanan berbanding terbalik dengan luas bidang tekan. Itulah sebabnya penerapan konsep tekanan dalam kehidupan sehari-hari dapat kita jumpai seperti pisau, paku, dan pasak. Alat-alat tersebut perlu di buat runcing atau tajam untuk memperoleh tekanan yang besar.

12.2.2. Tekanan Hidrostatik

Bejana dengan luas penampangnya A berisi zat cair yang massa jenisnya ρ setinggi h dan perhatikan gambar di bawah ini



Gambar 12.1



Gambar 12.2

Gaya berat zat cair menekan atas bejana. *Besarnya gaya tekan zat cair yang dialami oleh alas bejana tiap satuan luas disebut tekanan hidrostatik.* Jika tekanan hidrostatik itu di rumuskan secara matematis hasilnya adalah sebagai berikut

$$p = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{w}{A} = \frac{m \cdot g}{a} = \frac{(\rho \cdot v) \cdot g}{A} \quad (12.2)$$

$$= \frac{(\rho h \cdot A) g}{A}$$

$$\boxed{P = \rho \cdot g \cdot h} \quad (12.3)$$

Keterangan :

P : tekanan hidrostatik (Nm^{-2})

ρ : masa jenis zat cair (kgm^{-3})

g : percepatan gravitasi (ms^{-2})

h : tingi zat cair (m)

Jika pada atmosfer di permukaan zat cair itu adalah P_o maka tekanan mutlak tempat atau titik yang berada pada kedalaman h adalah :

$$\boxed{P = P_o + \rho g h} \quad (12.4)$$

Gaya berat zat cair akan menekan alas bejana selanjutnya disebut gaya hidrostatik, di rumuskan :

$$F = p \cdot A \quad (12.5)$$

$$\boxed{F = \rho \cdot g \cdot h \cdot A} \quad (12.6)$$

Keterangan :

F = gaya hidrostatik (N)

A = luas alas bejana (m^2)

Dari persamaan di atas dapat di simpulkan bahwa *tekanan di dalam zat cair di sebabkan oleh gaya gravitasi yang besarnya tergantung pada kedalamannya*. Untuk jenis zat cair, tekanan hidrostatik pada suatu titik di dalam zat cair hanya tergantung pada kedalaman titik itu. Semua titik yang berada pada kedalaman sama mengalami tekanan hidrostatik yang sama pula. Titik-titik pada kedalaman yang sama dapat dikatakan pada suatu bidang datar, jadi :

Tekanan Hidrostatik pada sembarang titik yang terletak pada satu bidang datar di dalam satu jenis zat cair besarnya sama

Persamaan di atas di kenal juga sebagai Hukum Utama Hidrostatika. Berdasarkan Hukum utama hidrostatika dapat di rumuskan :

$$P_A = P_B = P_C \quad (12.7)$$

$$P_o = P_g$$

Hukum utama hidrostatika diterapkan untuk menentukam massa jenis zat cair dengan menggunakan pipa U. Pipa U mula-mula di isi dengan zat cair yang sudah diketahui massa jenisnya (misalnya ρ) kemudian salah satu kaki di tuangi zat cair yang dicari massa jenisnya (ρ_x) setinggi h_1 . Di tarik garis mendatar AB tepat melalui pebatasan kedua zat cair dan ukur tinggi zat cair mula-mula di atas garis AB .

$$\begin{aligned} P_A &= P_B \\ \rho_x \cdot h_1 \cdot g &= \rho \cdot h_2 \cdot g \end{aligned} \quad (12.8)$$

$$\rho_x = \frac{h_2}{h_1} \rho \quad (12.9)$$

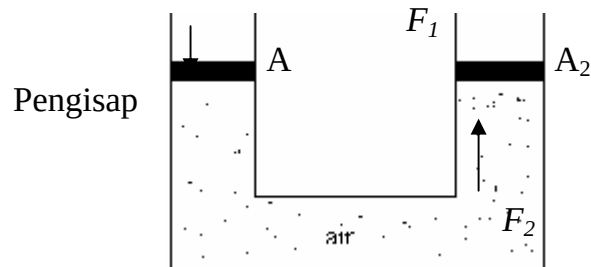
Keterangan :

ρ = massa jenis zat cair x (kg/m^3)
 h_1 = tinggi zat cair x (m)
 h_2 = tinggi zat cair standar (m)
 ρ = massa jenis zat cair standar (kg/m^3)

12.3 . H u k u m P a s c a l

Blaise Pascal (1623-1662) adalah seorang sarjana Perancis, berkesimpulan bahwa gaya yang menekan zat cair di dalam ruang tertutup akan di teruskan ke segala arah dengan asama rata. Hal itu selanjutnya dinyatakan sebagai *Hukum Pascal* yang berbunyi:

Tekanan yang di berikan kepada zat cair di dalam ruang tertutup di teruskan sama besar ke segala arah.



Hukum Pascal dpat diterangkan dengan kerja penekan hidrolis juga. Alat itu berupa bejana tertutup yang dilengkapi dengan dua buah pengisap yang luas penampangnya berbeda, masing-masing luasnya A_1 dan A_2 ($A_1 < A_2$). Pada pengisap yang

penampangnya A_1 di kerjakan gaya F_1 tekanan $p = \frac{F_1}{A_1}$ di teruskan oleh zat cair

lewat pipa penghubung ke pengisap A_2 dengan gaya $F_2 = p \cdot A_2$. Karena tekanan pada kedua pengisap sama maka :

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (12.10)$$

Keterangan :

F_1 : gaya penampang 1 (N)

F_2 : gaya penampang 2 (N)

A_1 dan A_2 : luas penampang 1 dan 2 (m)

Jadi penekan hidrolis merupakan alat untuk menggandakan gaya. Gaya yang kecil dapat dijadikan gaya yang besar.

Dalam pekerjaan teknik banyak sekali dipakai alat-alat yang kerjanya berdasarkan Hukum Pascal seperti : kempa hidrolik dan alat pengangkat mobil.

12.4. H u k u m A r c h m e e d e s

12.4.1. Gaya Ke Atas

Jika kita mengangkat batu dari atas kolam, ternyata lebih ringan dibandingkan dengan apabila kita mengangkatnya di udara bebas. Di dalam air sesungguhnya batu ini tidak berkurang. Gaya gravitasi batu yang kita angkat besarnya tetap, akan tetapi air melakukan gaya yang arahnya ke atas. Hal ini menyebabkan berat batu seakan-akan berkurang, sehingga di dalam air batu terasa lebih ringan.

Berdasarkan peristiwa tersebut dapat disimpulkan :

$$\text{Berat batu di udar a} : W_{ud} = m \cdot g \quad (12.11)$$

$$\text{Berat batu di dalam air} : W_{air} = W_{ud} - F_A \quad (12.12)$$

$$W_{air} = M \cdot g - F_A \quad (12.13)$$

Berdasarkan persamaan tersebut jelas bahwa $W_{air} < W_{ud}$. Jadi berat benda di dalam air lebih kecil daripada di udara. Besarnya gaya ke atas dapat di cari dengan konsep hidrostatis.

Jika anda pernah melihat kubus dan anda bayangkan kubus di celupkan ke dalam fluida yang massa jenisnya ρ . Gaya-gaya horizontal yang bekerja pada sisi kubus saling meniadakan sehingga tinggal gaya-gaya pada sisi-sisi kubus atas dan bawah kubus. Jik luas masing-masing bidang sisi kubus A , percepatan gravitasi g , besarnya gaya-gaya pada sisi atas dan bawah masing-masing adalah :

$$F_1 = \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot A \text{ (ke bawah)} \quad (12.14)$$

$$F_2 = \rho \cdot g \cdot h_2 \cdot A \text{ (ke atas)}$$

Dalam hal ini : $F_2 > F_1$. Jadi benda yang mendapat kelebihan gaya ke atas besarnya :

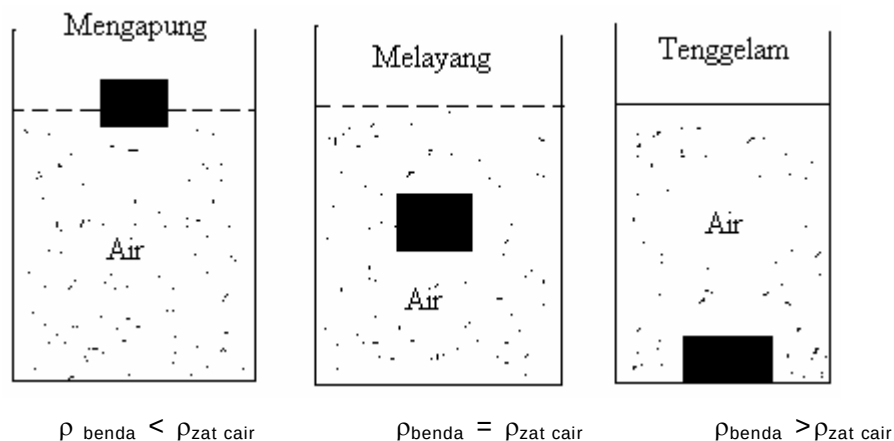
$$\begin{aligned}
 F_A &= F_2 - F_1 \\
 &= \rho \cdot g \cdot h_2 \cdot A - \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot A \\
 &= \rho \cdot g \cdot (h_2 - h_1) \cdot A
 \end{aligned}
 \tag{12.15}$$

$\rho \cdot g \cdot h$ adalah berat benda yang dipindahkan oleh benda. Dengan demikian, persamaan di atas dapat diartikan bahwa gaya ke atas sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda. Pernyataan itu pertama kali di kemukakan oleh Archimedes. Selanjutnya hasil temuannya di kenal sebagai hokum Archimedes yang berbunyi :

Sebuah benda yang tercelup sebagian atau selueuhnya di dalam fluida akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan bera tfluida yang dipindahkan.

12.4.2. Mengapung , Melayang dan Tenggelam

Apabila suatu benda di masukan kedalam zat cair, kemungkinan yang terjadi pada benda tersebut adalah mengapung, melayang dan tenggelam seperti gambar di bawah ini :



Gambar 12. 4

a. Benda Mengapung

Benda mengapung jika sebagian benda tercelup did lam zat cair. Jika volume benda tercelup sebesar V_c maka dalam keadaan stimbang *berat benda sama dengan gaya ke atas* .

Jika ditulis dengan persamaan adalah :

$$\begin{aligned}
Wg &= F_A \\
Mg \cdot g &= \rho_z \cdot g \cdot Vc \\
\rho \cdot V_B \cdot g &= \rho_z \cdot g \cdot Vc \\
\text{Karena } Vc &< V_B \\
\text{Maka } \rho_B &< \rho_z
\end{aligned}
\tag{12.16}$$

Jadi benda akan mengapung jika massa jenis benda lebih kecil dibandingkan dengan massa jenis zat cair.

b. Benda Melayang

Benda dikatakan melayang jika seluruh benda berada di dalam zat cair, tetapi tidak menyentuh dasar zat cair. Dalam keadaan setimbang berat benda sama dengan gaya ke atas zat cair. Jika di tulis dengan persamaan adalah:

$$\begin{aligned}
Wg &= F_A \\
Mg \cdot g &= \rho_z \cdot g \cdot Vc \\
\rho_B \cdot V_B \cdot g &= \rho_z \cdot g \cdot Vc \\
\text{Karena } Vc &= V_B \\
\text{Maka } \rho_B &= \rho_z
\end{aligned}
\tag{12.17}$$

Jadi benda akan melayang jika masa benda itu sama dengan massa jenis zat cair.

c. Benda Tenggelam

Benda dikatakan tenggelam jika benda berada d dasar zat cair .

$$\begin{aligned}
\text{Berat benda} &> \text{ gaya ke atas zat cair} \\
Wg &> F_A \\
\rho_B \cdot V_B \cdot g &> \rho_z \cdot g \cdot Vc \\
\text{Karena } VB &= C \\
\text{Maka } \rho_B &> \rho_C
\end{aligned}
\tag{12.18}$$

12.4.3. Penerapan Hukum Archimedes

Penerapan hukum Archimedes dalam kehidupan sehari-hari dapat kita jumpai seperti pada kapal laut, galangan kapal, balon udara dan hydrometer.

a. Kapal Laut

Kapal laut yang terbuat dari baja mengapa bisa mengapung. Hal ini disebabkan berat kapal sama dengan gaya ke atas air. Tetapi kapal berlayar di laut bukanlah hanya asal terapung, melainkan juga harus terbungk tegak dengan keseimbangan stabil tanpa terbalik. Hal itu memerlukan syarat. Supaya kapal selalu dalam keadaan normal maka garis kerja gaya ke atas air harus melalui titik berat kapal. Sehingga apabila kapal miring maka rah putar kopel yang di bentuk oleh gaya berat kapal dengan gaya ke atas dapat menegakan kapal kembali.

b. Galangan Kapal

Untuk memperbaiki kerusakan-kerusakan pada bagian bawah kapal, maka kapal perlu di angkat dari permukaan air. Untuk itu perlu di buat alat yang disebut galangan kapal.

c. Balon Udara

Dalam atmosfer, setiap benda mendapat gaya ke atas seberat udara yang diperlukan oleh benda itu. Untuk menaikan balon udara, balon diisi gas yang massa jenisnya lebih kecil di dibandingkan dengan massa jenis udara.

Apabila berat balon udara yang dipindahkan lebih besar daripada berat balon udara dengan isinya maka gaya ke atas lebih besar daripada berat balon, sehingga balon akan terangkat ke atas.

d. Hidrometer

Hidrometer adalah alat untuk mengukur massa jenis zat cair. Ada beberapa jenis hydrometer yang bekerjasama berdasarkan hukum Archimedes. Satu di antaranya adalah *hydrometer Baume*. Alat itu di buat dari tabung kaca sedemikian sehingga jika dicelupkan ke dalam zat cair dapat terapung tegak. Berat hydrometer sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh bagian hydrometer yang tercelup. Jika massa jenis zat cair besar, volume bagian yang tercelup menjadi lebih dangkal, sehingga bagian yang muncul di atas permukaan zat cair kecil, hydrometer terbenam lebih

dalam, sehingga bagian yang muncul di atas permukaan zat cair lebih pendek.

12.5. Tegangan Permukaan

Apabila pisau silet dan jarum diletakan mendatar pada permukaan air dengan hati-hati, ternyata dapat terapung, meskipun massa jenis pisau silet dan jarum lebih besar daripada massa jenis zat cair. Demikian juga nyamuk dapat hinggap pada permukaan air, tidak tenggelam.

Dari contoh tersebut jika kita amati secara seksma, akan terlihat bahwa permukaan air tertekan ke bawah karena berat pisau, silet, jarum dan nyamuk.

Tegangan permukaan zat cair dapat dijelaskan dengan meninjau gaya yang di alami oleh partikel zat cair berdekatan maka gaya tarik-menariknya a besar. Sebaliknya apabila dua partikel itu berjauhan maka gaya tarik menariknya kecil dengan demikian dapat dikatakan bahwa tiap-tiap partikel hanya ditarik oleh partikel-partikel di sekelilingnya.

Pada dasarnya, *tegangan permukaan zat cair didefinisikan sebagai besarnya gaya yang di alami oleh tiap satuan panjang pada permukaan zat cair.*

Secara matematis, hal itu dapat di rumuskan :

$$\gamma = \frac{F}{2l} \quad (12.19)$$

Pada umumnya permukaan zat cair tergantung terhadap suhunya seperti table di bawah ini menunjukan nilai tegangan permukaan zat cair, pada umumnya tegangan berkurang jika suhu naik

Table 12. 1

Nama Zat Cair	γ dalam N/m		
	0°C	20°C	50°C
Astelon	0,0263	0,0237	0,0199
Alcohol	0,0240	0,0223	0,0198
Bensin	0,0315	0,0289	0,0250
Raksa	0,50280	0,4800	0,4450
Air	0,0756	0,0727	0,0679

12.6. MENISKUS DAN KAPILARITAS

12.6.1. Meniskus

Kohesi dan *adhesi* menentukan bentuk permukaan zat cair. Setetes air yang jatuh di permukaan kaca mendatar akan meluas permukaannya sebab adhesi air pada kaca lebih besar daripada kohesinya.

Setetes raksa yang jatuh pada permukaan kaca akan mengumpul berbentuk bola karena kohesi raksa lebih besar daripada adhesi kaca. Demikian juga karena pengaruh kohesi dan adhesi, permukaan zat cair di dalam bejana tidak mendatar, tetapi pada tepi yang melekat pada dinding sedikit melengkung. *Gejala melengkungnya zat cair di dalam bejana disebut meniscus.*

12.6.2. Kapilaritas

Jika sebatang pipa kapiler (pipa dengan diameter kecil) salah satu ujungnya dimasukan kedalam air maka permukaan air di dalam pipa lebih tinggi daripada permukaan air di luar pipa. Akan tetapi, jika ujung pipa tersebut dimasukan ke dalam raksa ternyata permukaan raksa di dalam pipa lebih rendah daripada di luar pipa dan gejala ini disebut dengan kapilaritas .

Kapilaritas dipengaruhi oleh adhesi dan kohesi. Untuk zat cair yang membasahi dinding pipa ($0-90^\circ$) permukaan zat cair di dalam pipa lebih rendah daripada permukaan zat cair di luar pipa.

Misalkan pada jari-jari penampang kapiler r , tegangan permukaan zat cair γ , massa jenis zat cair ρ , dan besarnya sudut kontak θ . Permukaan zat cair menyentuh dinding pipa dengan keliling lingkaran $2\pi \cdot r$. Permukaan zat cair menarik dinding dengan gaya $F = 2\pi \cdot r \cdot \gamma$, membentuk sudut θ terhadap dinding ke bawah. Sebagai reaksinya, dinding menarik air keatas dengan gaya $F = 2\pi \cdot r \cdot \gamma$, membentuk sudut θ terhadap dinding ke atas. Komponen gaya tarik dinding ke atas sebesar $F \cdot \cos \theta$, diimbangi dengan gaya berat zat cair setinggi γ .

$$\begin{aligned} W &= F \cdot \cos \theta \\ m \cdot g &= 2 \pi \cdot r \cdot \gamma \cos \theta \\ \rho \cdot V \cdot g &= 2 \pi \cdot r \cdot \gamma \cos \theta \\ \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot y \cdot g &= 2 \pi \cdot r \cdot \gamma \cos \theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi :} \\ \gamma &= \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \theta}{\rho \cdot r \cdot g} \end{aligned} \quad (12.20)$$

Keterangan :

y : naik/turunnya zat cair dalam kapiler (m)

γ : tegangan permukaan zat cair (N/m)

θ : sudut kontak

ρ : massa jenis zat cair (kg/m^3)

r : jari-jari penampang pipa (m)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

Dalam kehidupan sehari-hari, gejala kapilaritas dapat dijumpai, antara lain pada kenaikan minyak melalui sumbu kompor atau lampu, basahnya dinding pada musim penghujan, dan naiknya air melalui pembuluh kayu pada tumbuh-tumbuhan.

12.7. Viskositas Dan Hukum Stokes

12.7.1. Viskositas

Viskositas (kekentalan) dapat dianggap sebagai gesekan pada fluida. Karena adanya viskositas maka untuk menggerakkan benda di dalam fluida diperlukan gaya. Fluida, bagi zat cair maupun gas memiliki viskositas. Zat cair lebih kental dibanding gas, sehingga gerak benda di dalam zat cair akan mendapatkan gesekan yang lebih besar dibanding di dalam gas.

Salah satu jenis alat pengukur viskositas zat cair yang disebut viskosimeter. Sebuah silinder diberi poros yang dibuat sangat licin (gesekan dapat diabaikan), sehingga dapat berputar secara konsentris di dalam bejana yang juga dibuat berbentuk silinder. Zat cair yang diukur viskositasnya dituangkan ke dalam bejana silinder tersebut. Gaya pemutar diberikan pada silinder dalam oleh sistem kontrol bebas.

Beban di jatuhkan, silinder dalam berputar dan mendapatkan percepatan sesaat, tetapi segera mencapai kecepatan sudut konstan. Silinder dalam akan dapat berputar dengan kecepatan konstan selama beban masih dalam keadaan bergerak. Dengan mengukur kopel (penyebab gerak rotasi) silinder dan kecepatan sudut silinder, viskositas zat cair dapat ditentukan.

12.2. Tabel penyajian beberapa fluida Viskositas fluida

Fluida	Viskositas (Nsm^{-2})
Hydrogen	9
Udara	19
Eter	230
Methanol	590
Air (0°C)	1.010
Air (100°C)	300
Raksa	1.590
Minyak motor	40.000

Satuan Viskositas dalam SI $\text{Nsm}^{-2} = \text{Pa} \cdot \text{s}$ (pascal . sekon), sedangkan dalam system cgs adalah dynscm^{-2} yang juga disebut Poise (P), sebagai penghormatan pada ilmuwan Perancis, **Poiseuille**. Viskositas yang kecil diukur dalam centi poise ($1\text{cp} = 10^{-2}$ poise) dan mikropoise ($1\mu\text{p} = 10^{-6}$ poise).

12.7.2 Hukum Stokes

Misalkan fluida ideal yang viskositasnya nol mengalir melewati sebuah bola atau sebuah bola bergerak di dalam fluida yang diam. Garis-garis fluida akan membentuk pola simetris sempurna disekeliling bola.

Tekanan terhadap sembarang titik pada permukaan bola yang menghadap arah aliran dayan tepat sama dengan tekanan pada arah hilir aliran, sehingga resultan gaya terhadap sebesar nol jika fluida memiliki viskositas, timbul gaya gesekan terhadap bola itu yang disebut gaya stokes. Misalkan jari-jari bola r koefisien viskositas fluida η , dan kecepatan relative bola terhadap fluida v , secara matematis besarnya gaya stokes di rumuskan :

$$F_s = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v \quad (12.21)$$

Keterangan :

F_s = gaya stokes (N)

η = koefisien viskositas (Nsm^{-2})

r = jari-jari bola (m)

v = kecepatan relative bola terhadap fluida (ms^{-1})

persamaan diatas pertamakali dirumuskan oleh **Sir George Stokes** pada tahun 1845, sehingga disebut juga Hukum Stokes.

Jika bola jatuh ke dalam fluida yang kental, selama bola bergerak di dalam fluida pada bola bekerja gaya-gaya berikut:

- 1) Gaya berat bola (w) berarah vertical kebawah
- 2) Gaya Archimedes (F_a) berubah vertical ke atas
- 3) Gaya stokes (F_s) berarah vertical ke atas

Sesaat sesaat bola masuk ke dalam fluida, gaya berat bola lebih besar daripada jumlah gaya Archimedes dan gaya Stokes, sehingga bola mendapat percepatan vertical ke bawah. Selama gerak bola dipercepat, gaya stokes bertambah, hingga suatu saat gaya berat benda sama dengan jumlah gaya Archimedes dan gaya Stokes. Pada keadaan tersebut kecepatan bola maksimum, bola bergerak beraturan.

Jika jari-jari bola r , massa jenis bola ρ' , massa jenis fluida ρ , dan koefisien viskositas fluida η maka selama bola bergerak beraturan gaya-gaya pada bola memenuhi persamaan:

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 \cdot g}{v} (\rho' \cdot \rho) \quad (12.22)$$

Keterangan :

- η = koefisien viskositas
- r = jari-jari bola
- g = percepatan gravitasi
- v = kecepatan maksimum bola
- ρ' = massa jenis bola
- ρ = massa jenis fluida

Dengan mengukur kecepatan maksimum bola yang jari-jari dan massa jenisnya diketahui, maka viskositas fluida tempat bola itu dijatuhkan dapat dihitung berdasarkan persamaan diatas.

12.8. Fluida Ideal Dan Persamaan Kontinuitas

12.8.1. Fluida Ideal

Pembahasan tentang fluida dibatasi pada fluida ideal saja. Fluida ideal adalah fluida yang tidak kompresibel (tidak mengalami perubahan volume karena tekanan), mengalir tanpa gesekan, baik dari lapisan fluida

disekitarnya, maupun dari dinding tempat yang dilaluinya, dan alirannya stasioner. Aliran stasioner adalah aliran fluida yang mengikuti garis air atau garis arus tertentu.

Gambar dibawah ini melukiskan sepotong pipa yang dilalui oleh arus fluida dari kiri ke kanan. Jika aliran fluida stasioner, tiap-tiap partikel yang melalui titik *a* selanjutnya melalui titik *b* dan *c*. Aliran partikel-partikel berikutnya yang melalui titik *a*, saat berikutnya juga melalui *b* dan *c*.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (12.23)$$

Keterangan:

Q = debit

V = volume fluida

t = waktu (s)

Misalnya, kecepatan fluida didalam penampang A_1 sebesar v_1 dan dalam penampang A_2 sebesar v_2 . dalam selang waktu t , partikel dari *a* pindah ke *a'* dan partikel dari *b* pindah sampai ke *b'*. karena fluida tidak kompresibel maka dalam selang waktu t volume fluida mengalir pada penampang A_1 sama dengan volume fluida pada penampang A_2 .

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad (12.24)$$

Keterangan ;

A_1 dan A_2 = luas penampang 1 dan 2 (m^2)

v_1 dan v_2 = kecepatan aliran fluida di 1 dan 2 (m/s)

Persamaan diatas disebut persamaan kontinuitas. Persamaan itu menyatakan bahwa pada fluida yang tidak kompresibel hasil perkalian antara laju aliran fluida dengan luas penampangnya selalu tetap.

Harga $A \cdot v$ disebut juga debit, sehingga:

$$Q = A \cdot v \quad (12.25)$$

Keterangan :

Q = debit (m^3/s)

A = luas penampang pipa (m^2)

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

12.9. Hukum Bernoulli

Hukum Bernoulli dapat di cintohkan pada sebuah pipa, jika terdapat aliran fluida pada suatu pipa yang luas penampang dan ketinggiannya tidak sama. Misalnya, massa jenis fluida ρ , kecepatan fluida pada penampang A_1 sebesar V_1 , dalam waktu t panjang bagian system yang bergerak ke kanan $V_1 \cdot t$. Pada penampang A_2 kecepatan V_2 dan dalam waktu t system yang bergerak ke kanan $v_2 \cdot t$.

Pada penampang A_1 fluida mendapat tekanan p_1 dari fluida di kirinya dan pada penampang A_2 mendapat tekanan : dari fluida di kananya. Gaya pada A_1 adalah $F_1 = P_1 \cdot A_1$ dan penampang A_2 adalah $F_2 = P_2 \cdot A_2$

Dan dapat di rumuskan

$$p + \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 + \rho \cdot g \cdot h = \text{Konstan} \quad (12.26)$$

Rumus di atas dinamakan persamaan Bernoulli untuk aliran fluida yang tidak kompresibel. Persamaan tersebut pertama kali diajukan oleh **Daniel Bernoulli** dalam teorinya *Hidrodinamika*.

12.9.1. Penerapan Hukum Bernoulli

1. Pada Pipa Mendatar

Fluida mengalir melalui pipa mendatar yang memiliki penampang A_1 pada ketinggian h_1 dan penampang A_2 pada ketinggian h_2 .

Karena mendatar : $h_1 = h_2$

$$\text{Maka,} \quad p + \frac{1}{2} \rho \cdot V_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho V_2^2 \quad (12.27)$$

Krena $A_1 > A_2 \rightarrow V_1 < V_2$

Maka $P_1 > P_2$

Hal itu memperlihatkan bahwa di tempat-tempat yang sempit fluida memiliki kecepatan besar, tekanannya kecil. Sebaliknya, di tempat-tempat yang luas fluida memiliki kecepatan kecil, tekanannya membesar.

2. Teori Torricelli

Sebuah bejana yang berukuran besar diisi zat cair. Pada dinding bejana terdapat lubang kebocoran kecil yang berjarak h dari permukaan zat cair. Zat cair mengalir pada lubang dengan kecepatan v . Tekanan di titik A pada lubang sama dengan tekanan di titik B pada permukaan zat cair sama dengan tekanan udara luar (B). Karena lubang kebocoran kecil, permukaan zat cair dalam bejana turun perlahan-lahan, sehingga V_2 dapat dianggap nol, dan dapat dirumuskan :

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (12.28)$$

Keterangan :

V = kecepatan zat cair keluar dari lubang (m/s)

h = jarak permukaan zat cair terhadap lubang (m)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Hubungan itu disebut *teori Torricelli* kecepatan aliran zat cair dari lubang sama dengan kecepatan yang akan diperoleh benda jika jatuh bebas dari ketinggian h . Hal itu merupakan suatu hal yang istimewa dari persamaan *Bernoulli*.

Waktu yang diperlukan zat cair keluar dari lubang hingga menyentuh lantai ditentukan dengan konsep benda jatuh bebas. Dapat dirumuskan :

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h_1}{g}} \quad (12.29)$$

Keterangan :

t : waktu zat cair dari lubang sampai ke lantai (s)

h_1 : tinggi lubang dari lantai (m)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

Jarak mendatar tempat jatuhnya zat cair di lantai terhadap dinding bejana adalah :

$$X = v \cdot t \quad (12.30)$$

Keterangan :

X : jarak jatuhnya zat cair di lantai terhadap dinding (m)

V : kecepatan zat cair keluar dari lubang (m/s)

T : waktu zat cair dari lubang sampai ke lantai (s)

Jika luas lubang kebocoran A maka debit zat cair yang keluar dari lubang adalah :

$$Q = A\sqrt{2.g.h} \quad (12.31)$$

Keterangan

Q : debit (m³/s)

A : luas penampang lubang (m²)

h : jarak permukaan zat cair terhadap lubang (m)

3. Venturimeter

Venturimeter adalah alat untuk mengukur kecepatan aliran zat cair dalam pipa.

Zat cair yang massa jenisnya ρ mengalir melalui sebuah pipa yang luas penampangnya A. Pada bagian yang sempit, luas penampangnya A

Misalnya manometer berisi zat cair dengan massa jenis ρ' maka persamaan kontinuitas dapat ditulis sebagai berikut :

$$V_2 = \frac{A}{a} V_1 \quad (12.32)$$

Penggunaan venturimeter yang kita jumpai sehari-hari ialah karburator kendaraan bermotor. Lubang masuk untuk udara (fluida) pada karburator berbentuk tabung venturi. Penghisapan (torak) udara melalui lubang karburator di 'kerongkongan' venturi, udara bergerak lebih cepat daripada di tempat yang lain, disini tekanannya lebih rendah oleh karena itu, bahan bakar (bensin) tertarik pada kerongkongan venturi dan masuk ke dalam silinder pembakaran

4. Tabung Pitot

Tabung pitot di gunakan untuk mengukur kecepatan aliran gas. Misalnya udara mengalir melalui tabung A. tabung itu sejajar dengan arah aliran udara, sehingga kecepatan dan tekanan di luar tabung memiliki nilai-nilai arus bebas. Jadi, $V_A = V$. tekanan di lengan kiri manometer samadengan tekanan gas V_A . Lubang lengan kanan manometer tegak lurus dengan aliran, karena itu kecepatan gas di titik B menjadi nol ($V_B = 0$), sehingga pada titik itu gas dalam keadaan diam. Tekanan di titik D adalah P_B

Dengan menerapkan persamaan Bernoulli dapat di tarik rumus :

$$P_A + \frac{1}{2} \rho V_A^2 = P_B \quad (12.33)$$

5. Gaya Angkat pada Pesawat Terbang

Gaya angkat pesawat terbang dapat dijelaskan dengan menerapkan hukum Bernoulli. Apabila sayap ini bergerak di dalam udara menurut arah anak panah, udara mengalir di sekitarnya dengan arah berlawanan dengan arah gerak pesawat. Karena bentuknya, sebagian besar udara mengalir dengan aliran garis arus.

Pada bagian bawah sayap tidak ada pemampatan garis arus, tetapi pada bagian atas terdapat pemampatan garis arus. Udara di bagian atas bergerak lebih cepat daripada udara di bagian bawah sayap. Perbedaan kecepatan itu mengakibatkan timbulnya perbedaan tekanan di kedua sisi sayap. Sisi atas sayap adalah daerah kecepatan tinggi sehingga tekanan rendah, sedangkan sisi bawah sayap tekannya hampir sama dengan tekanan udara (atmosfer).

Dari penjelasan di atas itu, terlihat bahwa tekanan udara di bawah sayap menjadi lebih besar dibandingkan dengan tekanan udara di atas sayap. Selisih tekanan antara sisi atas dan bawah sayap itulah yang menimbulkan gaya angkat pada sayap. Semakin besar selisih tekanan udara antara kedua sisi itu semakin besar gaya angkat yang di hasilkan.

6. Alat Penyemprot Nyamuk dan Parfum

Pada alat penyemprot nyamuk dan parfum jika penghisap di tekan, udara keluar dengan cepat dari lubang pipa sempit yang terdapat di ujung lubang kecil, di tempat yang kecepatannya tinggi tekanannya mengecil,

sehingga cairan insektisida maupun cairan parfum yang ada di dalam tabung akan terhisap ke ujung kecil. Kemudian di semprotkan keluar.

Kesimpulan

Zat yang memiliki kemampuan untuk mengalir disebut fluida

Tekanan adalah gaya yang bekerja pada suatu bidang di bagi dengan luas bidang itu dan dapat di rumuskan :

$$p = \frac{F}{A}$$

Dalam SI satuan tekanan adalah Pascal (disingkat Pa). $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

Besarnya gaya tekan zat cair yang dialami oleh alas bejana tiap satuan luas disebut dengan *Tekanan Hidrostatik*. Dengan persamaan

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Jika tekanan atmosfer pada permukaan zat cair adalah ρ_0 , maka tekanan mutlak pada titik-titik yang berada sedalam h dari permukaan zat cair itu adalah :

$$P = \rho_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

Hukum utama hidrostatik menyatakan bahwa tekanan hidrostatik pada sembarang titik yang terletak pada satu bidang datar di dalam satu jenis zat cair besarnya sama.

Hukum Pascal menyatakan bahwa tekanan yang di berikan kepada zat cair di dalam ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah. dan persamaanya antara lain:

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

Hukum Archimedes menyatakan bahwa jika sebuah benda tercelup sebagian atau seluruhnya di dalam fluida akan mengalami gaya ke atas yang besarnya dengan berat fluida yang di pindahkan. Dan dapat di tarik persamaan

$F_a = \rho_z \cdot g \cdot V_c$ (ρ_z = massa jenis fluida dan V_c = volume benda yang tercelup)

Benda akan terapung jika $\rho_b < \rho_z$

Benda akan melayang jika $\rho_b = \rho_z$

Benda akan tenggelam jika $\rho_b > \rho_z$

Tegangan permukaan zat cair adalah besarnya gaya yang dialami oleh tiap satuan panjang permukaan zat cair. Dan rumusnya adalah :

$$\gamma = \frac{F}{l}$$

Satuan tegangan permukaan dalam SI adalah N/m

Meniscus adalah gejala melengkungnya permukaan zat cair di dalam bejana.

Kapilaritas adalah gejala naik atau turunnya permukaan zat cair dalam pipa kecil (pipa kapiler) jika pipa tersebut di masukan ke dalam zat cair.

Besarnya kenaikan atau penurunan zat cair di tulis :

$$Y = \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r}$$

Dengan θ adalah sudut kontak, r adalah jari-jari pipa

Viskositas (kekentalan) mengakibatkan adanya gesekan pada fluida.

Satuan viskositas dalam SI adalah $\text{Ns/m}^2 = \text{Pa} \cdot \text{s}$, sedangkan dalam satuan cgs adalah $\text{dyn/cm}^2 = \text{poise (p)}$

Hukum stokes : jika fluida memiliki viskositas maka akan menimbulkan gaya gesekan terhadap suatu bola yang bergerak dalam fluida itu. Gaya gesek ini disebut dengan gaya stokes, yang di tulis :

$$F_s = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

η = Koefisien viskositas

r = jari-jari bola

v = kecepatan relative bola terhadap fluida

selama bola bergerak beraturan maka gaya-gaya yang bekerja pada bola memenuhi persamaan:

$$F_a + F_s = W$$

dari persamaan tersebut dapat menentukan koefisien viskositas fluida sebagai berikut:

$$\eta = \frac{2r^2 \cdot g(\rho' - \rho)}{9v}$$

Fluida ideal adalah fluida yang tidak kompresibel, mengalir tanpa gesekan, dan alirannya stationer.

Debit adalah banyaknya fluida yang mengalir melalui penampang tiap satuan waktu dan dapat di rumuskan :

$$Q = \frac{V}{t} = A$$

Keterangan :

Q : debit

V : Volume

t : waktu, luas penampang

$$P + \frac{1}{2} \rho \cdot V_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho \cdot V_2^2 + \rho \cdot g \cdot h$$

kecepatan aliran

Persamaan Bournoulli menyatakan bahwa jumlah tekanan p , energi kinetic per satuan volume, dan energi potensial per satuan volume adalah konstan

Teori Torricelli, menentukan kecepatan aliran zat cair melalui lubang kebocoran jika memiliki permukaan terbuka yang luas adalah

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

h: kedalaman lubang di hitung dari permukaan zat cair.

Waktu yang diperlukan zat cair dari lubang sampai menyentuh dasar bejana

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

h_1 = ketinggian lubang dari dasar

Venturimeter adalah alat untuk mengukur kecepatan aliran zat cair dalam pipa. Jika kecepatan pada lubang besar memiliki kecepatan V_1 luas

penampang A dan tekanan P1. untuk lubang sempit kecepatan aliran V2 luas a dan tekanan P2. beda tekanan yang terjadi dirumuskan

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2)$$

Tabung Pitot adalah alat ukur alat untuk mengukur kecepatan gas dengan persamaan :

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h \cdot \rho'}{\rho}}$$

Penerapan hokum Bernoulli dalam kehidupan sehari-hari antar lain pada gaya angkat sayap pesawat terbang. Alat penyemprot nyamuk dan penyemprot parfum.