

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sifat-sifat Fluida

*Mekanika Fluida* dan *Hidrolika* adalah merupakan cabang mekanika terapan yang berkenaan dengan tingkah laku fluida dalam keadaan diam dan keadaan bergerak. Dalam perkembangan prinsip-prinsip mekanika fluida. Sebagian sifat-sifat fluida memainkan peran penting. sebagian lainnya hanya memainkan peran kecil atau tanpa peran sama sekali. Dalam Statika *Fluida* berat merupakan sifat penting, sedangkan dalam aliran *fluida*, kerapatan dan kekentalan merupakan sifat-sifat utama. Bilamana ada *kompresibilitas* yang cukup besar, prinsip-prinsip *thermodinamika* harus dipertimbangkan. (Giles-soemitro, 1984).

### 2.2 Definisi fluida

Fluida adalah zat-zat yang mampu mengalir dan yang menyesuaikan diri dengan bentuk wadah tempatnya. *Fluida* dapat digolongkan ke dalam cairan dan gas. Perbedaan-perbedaan utama antara cairan dan gas adalah (Giles-soemitro, 1984).

- a. Cairan praktis tak *kompresibel*, sedangkan gas *kompresibel* dan sering harus diperlakukan demikian.
- b. Cairan mengisi volume tertentu dan mempunyai permukaan bebas sedangkan gas dengan *massa* tertentu mengembang sampai mengisi seluruh bagian wadah tempatnya.

### 2.3 Sistem Satuan Internasional (SSI)

Tiga dimensi acuan yang dipilih dari dimensi-dimensi dasar berdasarkan System Satuan Internasional (SSI) adalah (Giles-soemitro, 1984).:

- a. Massa yang dihitung dalam Kg,
- b. Panjang yang diukur dalam satuan Meter, dan

- c. Waktu yang dihitung dalam satuan detik.  
Satuan yang lain dapat bisa diturunkan dari ketiganya.

## 2.4 Kerapatan massa ( $\rho$ )

Rapat *massa* adalah *massa* dari volume satuan zat tersebut. Untuk cairan rapat *massanya* dapat dianggap tetap untuk perubahan-perubahan tekanan praktis. Rapat massa air laut adalah  $1025 \text{ kg/m}^3$ . (Giles-soemitro, 1984).

## 2.5 Kerapatan relatif

Kerapatan relatif suatu benda adalah bilangan murni yang menunjukkan perbandingan antara rapat massa benda tersebut dengan rapat massanya air pada temperature  $4^\circ\text{C}$ . (Giles-soemitro, 1984).

$$\text{Rapat relatif} = \frac{\text{rapat massa zat}}{\text{rapat massa air}}$$

Dalam hal ini , air laut dengan rapat massa  $1025 \text{ kg/m}^3$ , kerapatan relatifnya sama dengan 1,025(Karena rapat massa air  $1000 \text{ kg/m}^3$ ).

## 2.6 Persamaan debit aliran

Debit adalah hasil dari kecepatan aliran yang melewati penampang pipa, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut (Giles-soemitro, 1984):

$$Q = V.A$$

Dengan:

Q : Debit aliran ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

V : Kecepatan aliran ( $\text{m}/\text{s}$ )

A : Luas penampang/luas lingkaran ( $\text{m}^2$ )

Apabila difungsikan untuk mencari persamaan waktu (t). Maka parameter *debit* untuk mencari kapasitas pompa, sehingga fungsi waktu dan volume jika dirumuskan adalah sebagai berikut(Giles-soemitro, 1984):

$$Q = V/ t$$

Dengan:

Q : Kapasitas pompa yang diinginkan ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

- V : Volume bejana/tangki ( $m^3$ )  
 t : Waktu pengisian(detik/jam)

## 2.7 Tekanan Fluida

Tekanan Fluida dipancarkan dengan kekuatan yang sama ke semua arah dan bekerja tegak lurus pada suatu bidang. Dalam bidang datar yang sama kekuatan tekanan dalam suatu cairan sama. Pengukuran-pengukuran satuan tekanan dilakukan dengan menggunakan berbagai bentuk meteran. Kecuali ditetapkan lain, tekanan meteran atau tekanan relative yang digunakan. Tekanan meteran menyatakan harga-harga diatas atau dibawah tekanan atmosfer(Giles-soemitro, 1984).

### 2.7.1 Perbedaan tekanan

Perbedaan tekanan antara dua titik manapun pada ketinggian yang berbeda dalam suatu cairan diberikan oleh

$$P_2 - P_1 = \rho g (h_2 - h_1) \text{ dalam Pascal}$$

Dimana  $\rho g$  = satuan berat cairan ( $N/m^3$ ) dan  $h_2 - h_1$  = perbedaan ketinggian(m)

Jika titik 1 berada di permukaan bebas cairan dan h positif ke arah bawah, persamaan di atas menjadi

$$P = \rho g h \text{ (dalam Pascal), Tekanan suatu (tekanan gauge)}$$

### 2.7.2 Head tekanan (tinggi tekan h)

Head tekanan h menyatakan tinggi suatu kolom *fluida homogen* yang akan menghasilkan suatu kekuatan tekanan tertentu. Maka

$$h \text{ (m fluida)} = \frac{P(\text{Pascal})}{\rho g \left(\frac{N}{m^3}\right)}$$

## 2.8 Macam-macam Aliran Fluida

### 2.8.1 Aliran fluida satu dimensi

Aliran satu dimensi yang sesungguhnya dari suatu fluida yang tidak kompresibel terjadi bila arah dan besar kecepatannya di

semua titik sama. Akan tetapi analisis aliran satu dimensi bisa diterima bila dimensi tunggalnya ditentukan di sepanjang garis arus tengah aliran, dan bila kecepatan maupun percepatan yang tegak lurus pada garis arus tersebut dapat diabaikan. Dalam hal seperti itu, harga rata-rata dari kecepatan, percepatan, dan ketinggian dianggap menyatakan aliran sebagai keseluruhan dan penyimpangan-penyimpangan kecil bisa diabaikan. Misalnya, aliran fluida melewati pipa yang melengkung, dianalisa dengan menggunakan prinsip-prinsip aliran satu dimensi tanpa melihat kenyataan bahwa susunannya berbentuk tiga dimensi dan bahwa kecepatannya berubah-ubah melewati setiap irisan penampang yang tegak lurus aliran. (Giles-soemitro, 1984).

### 2.8.2 Aliran dua dimensi

Aliran dua dimensi terjadi bila partikel-partikel fluida bergerak dalam bidang-bidang. atau atau bidang-bidang yang sejajar, dan pola garis arusnya sama di setiap bidangnya. (Giles-soemitro, 1984).

### 2.8.3 Aliran tiga dimensi

Aliran tiga dimensi terjadi bila partikel-partikel fluida bergerak dalam ruang (Giles-soemitro, 1984).

## 2.9 Persamaan Fluida Lain

### 2.9.1 Persamaan kontinuitas

Untuk aliran mantap, massa fluida yang melalui semua bagian dalam arus fluida persatuan waktu adalah sama (Giles-soemitro, 1984).

$$\dot{m} = \text{konstan}$$

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \text{konstan} \quad ; \quad \rho AV = \dot{m} = \text{konstan} \quad (\text{Satuan kg/dtk})$$

Pada fluida yang tidak kompresibel dapat dianggap rapat massanya konstan atau,  $\rho_1 = \rho_2$ , Sehingga,

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 = \text{konstan}$$

Dimana :

A = luas penampang yang dilalui oleh fluida (m<sup>2</sup>)

V = adalah kecepatan aliran fluida,(m/s)

Catatan:

Persamaan Kontinuitas dihasilkan dari prinsip kekekalan massa.

### 2.9.2 Persamaan energi

Persamaan energi dihasilkan dari penerapan prinsip kekekalan anergi pada aliran fluida. Energi yang dimiliki oleh suatu fluida yang mengalir terdiri dari energi dalam dan energi-energi akibat tekanan, kecepatan dan kedudukan (ketinggian). Dalam arah aliran, prinsip energi diringkas dengan suatu persamaan umum sebagai berikut (Giles-soemitro, 1984):

Energi di bag 1 + Energi yg ditambahkan – Energi yg hilang –

Energi yg diambil = Energi di bagian 2

Persamaan ini, untuk aliran stabil, fluida tak kompresibel yang perubahan energi dalamnya bisa diabaikan.

Jika disederhanakan menjadi:

$$\left(\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1\right) + H_A - H_L - H_E = \left(\frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2\right)$$

Dengan:

P = Tekanan fluida yang mengalir ( bar)

$\rho$  = Rapat massa Fluida (kg/m<sup>3</sup>)

Persamaan ini dikenal sebagai persamaan Bernoulli. Satuan yang digunakan adalah m fluida.

### 2.9.3 Head kecepatan

Head kecepatan menyatakan energi kinetik persatuan berat yang terdapat di suatu titik tertentu. Jika kecepatan di suatu irisan penempang merata, maka head kecepatan yang dihitung bersama kecepatan rata-rata atau merata ini akan menjadi energi

kinetik per satuan berat fluida yang sesungguhnya. Tetapi pada umumnya, distribusi kecepatan tidak merata. Karena itu pada head kecepatan diberi *faktor* koreksi  $\alpha$ .

Studi-studi menunjukkan bahwa  $\alpha = 1$  untuk distribusi kecepatan yang merata,  $\alpha = 1,02$  sampai 1,15 untuk aliran turbulen, dan  $\alpha = 2$  untuk aliran laminar. Tetapi dalam kebanyakan perhitungan-perhitungan dalam mekanika fluida,  $\alpha$  ditentukan 1, tanpa ada kesalahan yang berarti karena umumnya head kecepatan merupakan suatu prosentase kecil dari head (energi) total. (Giles-soemitro, 1984).

#### 2.9.4 Bilangan Reynold (Re)

Bilangan *Reynold* adalah bilangan tak berdimensi, yang menyatakan perbandingan gaya-gaya inersia terhadap gaya-gaya kekentalan (*viskositas*). Untuk pipa bundar yang fluidanya mengalir penuh. (memenuhi pemanpang pipa). (Giles-soemitro, 1984).

$$R_E = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu}$$

Dimana:

$V$  = kecepatan rata-rata dalam m/dtk

$D$  = diameter pipa dalam meter

$\rho$  = rapat massa fluida dalam  $\text{kg/m}^3$

$\mu$  = kekentalan mutlak dalam Pa dtk

$\nu$  = kekentalan kinematik dalam  $\text{m}^2/\text{dtk}$

#### 2.9.5 Rumus Darcy Weisbach

Rumus darcy Weisbach merupakan dasar perhitungan head turun untuk aliran fluida dalam pipa-pipa. Rumus darcy weisbach merupakan dasar perhitungan head turun untuk aliran fluida dalam

pipa-pipa dalam saluran. Persamaannya adalah (Giles-soemitro, 1984).:

$$\text{Head Turun } h_L = f \frac{L V^2}{d 2g}$$

Dengan :

$H_L$  : energi yang hilang karena gesekan(m)

F : nilai faktor gesek

L : Panjang pipa (m)

D : diameter pipa (m)

V : kecepatan aliran (m/s)

G : Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

## 2.10 Penerapan Teorema Bernoulli

Penerapan *Teorema Bernoulli* harus rasional dan sistematis. Prosedur yang disarankan adalah sebagai berikut (Giles-soemitro, 1984).:

1. Lukis gambar sistemnya, pilih dan tandai semua irisan penampang arus yang diselidiki.
2. Terapkan persamaan *Bernoulli* dalam arah aliran. Pilih bidang datum untuk setiap persamaan yang ditulis. Titik yang rendah merupakan pilihan yang logis agar tanda-tanda *negative* dapat dihindari, dan jumlah kesalahan dapat dikurangi.
3. Hitunglah *energy* dibagian hulu (bagian 1). Dalam satuan meter fluida (J/N). Untuk *head* tekanan bisa dinyatakan dalam satuan meteran atau mutlak, tetapi dasar yang sama juga harus diterapkan pada bagian 2.
4. Tambahkan, dalam meter fluida, setiap *energy* yang diberikan oleh alat-alat mekanis, misalnya pompa.
5. Kurangkan, dalam meter fluida, setiap *energy* yang hilang sepanjang aliran.
6. Kurangkan, dalam meter fluida, setiap *energy* yang diambil oleh alat-alat mekanis misalnya turbin.
7. Samakan penjumlahan *energy* ini ke jumlah *head* tekanan, *head* kecepatan, dan *head* ketinggian di bagian 2.

8. Jika kedua head kecepatan tersebut tidak diketahui, hubungkan mereka satu sama lain dengan menggunakan persamaan kontinuitas.

### 2.11 Garis Energi

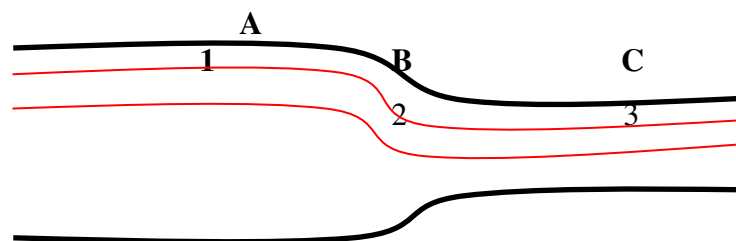
Garis Energi adalah pernyataan grafis dari energy di tiap bagian. Energi total terhadap suatu datum yang dipilih, dapat digambarkan pada tiap bagian yang diwakilinya, dan garis yang diperoleh dengan cara tersebut merupakan alat yang berharga dalam banyak soal-soal aliran. Garis energy akan turun miring dalam arah aliran kecuali bila ada energy yang ditambahkan oleh alat-alat mekanik. (Giles-soemitro, 1984).

### 2.12 Aliran Fluida Dalam Pipa

Ada dua jenis aliran mantap dari aliran fluida –fluida nyata, dan harus difahami dan diselidiki. Aliran-aliran itu disebut aliran laminar dan aliran turbulen. (Giles-soemitro, 1984).

### 2.13 Aliran Laminer

Dalam aliran laminar, partikel-partikel fluidanya bergerak di sepanjang lintasan-lintasan lurus, sejajar dalam lapisan-lapisan atau laminae. Pada aliran laminar kekentalan fluida merupakan variable yang dominan, karena mencegah setiap kecenderungan menuju kondisi-kondisi turbulen



Gambar 2.1 Ilustrasi Aliran Laminer

Aliran akan bersifat laminar jika bilangan Reynold nya kurang dari 2000 ( $Re < 2000$ ). Apa itu bilangan Reynold?



## 2.14 Kecepatan Kritis

Kecepatan kritis adalah kecepatan dimana semua turbulensi masih dapat diredam oleh kekentalan fluidanya. Telah ditemukan bahwa batas atas aliran laminar yang punya arti penting dinyatakan oleh suatu bilangan Reynold sebesar kira-kira 2000. (Giles-soemitro, 1984).

## 2.15 Aliran Turbulen

Dalam aliran turbulen, partikel-partikel bergerak secara serampangan ke semua arah. Tegangan geser untuk aliran turbulen dinyatakan sebagai berikut (Giles-soemitro, 1984):

$$\tau = (\mu + \eta) \frac{dv}{dy}$$

Dimana  $\eta$  (eta) adalah sebuah factor yang tergantung pada kerapatan fluida dan gerakan fluida. Faktor pertama  $\mu$  menyatakan afek-efek dari kekentalan, dan factor kedua  $\eta$  menyatakan efek-efek dari gerak turbulensi.

Beberapa percobaan memberikan jawaban untuk tegangan geser dalam aliran turbulen antara lain:

1. Prandtl menganjurkan:  $\tau = \rho l^2 \left( \frac{dv}{dy} \right)^2$

Persamaan ini mempunyai kelemahan, yaitu panjang  $l$  merupakan fungsi dari  $y$ . makin besar harga  $y$ , jarak dari didinding pipa, maka akan makin besar pula harga  $l$ .

2. Kemudian Von Karman menganjurkan:

$$\tau = \tau_0 \left( 1 - \frac{y}{r_0} \right) = \rho k^2 \frac{(dv/dy)^4}{(d^2v/dy^2)^2}$$

Walaupun  $k$  tidak betul-betul tetap, tetapi didekati dengan 0,4.

## 2.16 Distribusi Kecepatan

Distribusi kecepatan pada suatu irisan penampang akan mengikuti hukum variasi parabolic untuk aliran laminar. Kecepatan maksimum berada di tengah pipa dan dua kali kecepatan rata-ratanya (Giles-soemitro, 1984).

$$v = v_c - \left( \frac{w h_L}{4\mu} \right) r^2 = v_c - \left( \frac{\rho g h_L}{4\mu} \right) r^2$$

Untuk aliran turbulen, dihasilkan distribusi kecepatan yang lebih merata. Dari hasil percobaan Nikuradse dan lain-lainnya, persamaan – persamaan profil kecepatan dalam suku-suku kecepatan tengah  $v_c$  atau kecepatan geser  $v_*$ , adalah sebagai berikut (Giles-soemitro, 1984):

- a. Sebuah rumus empiris,

$$v = v_c \left( \frac{y}{r_0} \right)^n$$

Dimana  $n=1/7$ , untuk tabung-tabung mulus, sampai ke  $Re = 100.000$

$n=1/8$ , untuk tabung-tabung mulus untuk  $Re$  dari 100.000 sampai 400.000

- b. Untuk pipa-pipa mulus (smooth),

$$v = v_* (5,5 + 5,75 \log y v_* / \left( \frac{\mu}{\rho} \right))$$

- c. Untuk pipa-pipa mulus ( $5000 < Re < 3.000.000$ )

$$(v_c - v) = - \frac{2,5 \sqrt{\frac{v_0}{\rho}} \ln y}{r_0} = -2,5 v_* \ln \frac{y}{r_0}$$

- d. Untuk pipa-pipa kasar,

$$v = v_* (8,5 + 5,75 \log \frac{y}{\epsilon})$$

Dengan  $\epsilon$  adalah kekasaran mutlak.

- e. Untuk batas-batas kasar dan mulus

$$\frac{v - V}{V \sqrt{f}} = 2 \log \frac{y}{r_0} + 1,32$$

Juga

$$\frac{v_c}{V} = 1,43 \sqrt{f} + 1$$

Dengan  $V$  adalah kecepatan rata-rata dan  $f$  adalah factor gesekan.

## 2.17 Perhitungan Head Turun Untuk Aliran Laminer

Penurunan head untuk aliran laminar dinyatakan oleh persamaan *Hagen Poiseuille*, (Giles-soemitro, 1984):

$$\text{Head Turun } h_L = \frac{32 \mu LV}{\rho g d^2} = \frac{32 \nu LV}{g d^2}$$

Dimana:

$\mu$  = kekentalan mutlak (dalam Pa dtk)

$V$  = kecepatan rata-rata (dalam m/dtk)

$L$  = adalah panjang pipa (dalam meter)

$\rho$  = adalah rapat massa (dalam kg/m<sup>3</sup>)

$\nu$  = kekentalan kinematik (dalam m<sup>2</sup>/dtk)

## 2.18 Faktor Gesekan (F)

Untuk aliran laminar, factor gesekan  $f$  dapat diturunkan secara matematis. Tetapi untuk aliran yang turbulen tidak ada hubungan matematis yang sederhana untuk variasi  $f$  dengan bilangan *Reynold* yang tersedia untuk aliran turbulen. (Giles-soemitro, 1984).

Nikuradse dan lain-lainnya, telah menemukan bahwa kekasaran relative pipa (perbandingan antara ketidaksempurnaan permukaan  $\epsilon$  terhadap diameter dalam pipa), mempengaruhi juga harga factor gesekan  $f$ .

### a. Untuk aliran laminar

Dari persamaan Hagen Poiseuille;

$$\text{Head Turun } h_L = \frac{32 \nu LV}{g d^2} = \frac{64 \nu LV^2}{V d^2 g} = \frac{64 L V^2}{R_E d^2 g}$$

Jadi untuk aliran laminar, factor gesekan  $f$  adalah:

$$f = 64/R_E$$

### b. Untuk aliran turbulen

banyak ahli hidrolika telah mencoba menghitung  $f$  dari hasil-hasil percobaan mereka sendiri dan dari percobaan orang lain.

1. Untuk aliran turbulen dalam pipa mulus dan kasar,

$$f = 8\tau_0/\rho V^2$$

2. Untuk pipa-pipa mulus Blasius menganjurkan, untuk bilangan Reynold antara 3000 dan 10.000,

$$f = 0,316/R_E^{0,25}$$

3. Untuk bilangan Reynold sampai kira-kira 3.000.000, Persamaan Von Karman yang diperbaiki oleh Prandtl adalah:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log(R_E \sqrt{f}) - 0,8$$

4. Untuk pipa kasar:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{r_0}{\epsilon} + 1,74$$

5. Untuk semua pipa, Lembaga Hidrolik (Hydraulic Institute) dan banyak ahli, menganggap bahwa persamaan *Colebrook* bisa dipercaya untuk menghitung factor gesekan *f*. Persamaannya adalah:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{\epsilon}{3,7d} + \frac{2,51}{R_E \sqrt{f}} \right]$$

Karena persamaan *Colebrook* tersebut, sangat sulit untuk dijawab, maka disediakan diagram-diagram yang memberi hubungan antara factor gesekan *f* dengan bilangan Reynold  $R_E$ , kekasaran relative  $\epsilon/d$ . Diagram tersebut disebut dengan diagram *Moody*. Diagram *Moody* diterbitkan atas ijin *American Society of Mechanical Engineers*, ASME. Diagram A-1 biasanya digunakan bila debit aliran *Q* diketahui, sehingga bilangan *Reynold* dapat dihitung. Sedang diagram A-2 digunakan bila debit aliran yang harus dihitung.

### 2.19 Penurunan Head-head yang lain (Minor Loses)

Penurunan head yang lain, seperti dalam sambungan-sambungan pipa, umumnya dinyatakan sebagai berikut (Giles-soemitro, 1984):

$$\text{Head turun } h_L = K \left( \frac{V^2}{2g} \right)$$

### 2.20 Kerapatan (density)

Kerapatan sebuah fluida, dilambangkan dengan huruf Yunani  $\rho$  (rho), didefinisikan sebagai massa fluida persatuan volume. Kerapatan biasanya digunakan untuk mengkaraktiristikkan *massa* sebuah sistem *fluida*. Dalam sistem BG,  $\rho$  mempunyai suatu slugs/ft<sup>3</sup> dan dalam SI adalah kg/m<sup>3</sup>. (Bruce R. Munson, 2003).

Nilai kerapatan dapat bervariasi cukup besar dalam *fluida* yang berbeda, namun untuk zat-zat cair, variasi tekanan dan temperatur umumnya hanya memberikan pengaruh kecil terhadap nilai  $\rho$ . Kerapatan air pada 60 °F adalah 1,94 slugs/ft<sup>3</sup> atau 999 kg/m<sup>3</sup>. Perbedaan yang besar dari nilai tersebut menunjukkan pentingnya kita memperhatikan satuan. Tidak seperti zat cair, kerapatan sebuah gas sangat dipengaruhi oleh tekanan dan temperturnya.

## 2.21 Berat jenis

Berat jenis sebuah fluida, dilambangkan dengan huruf Yunani  $\gamma$  (gamma) didefinisikan sebagai berat persatuan volume. Berat jenis berhubungan dengan kerapatan melalui kesamaan

$$\gamma = \rho g$$

dimana  $g$  adalah percepatan gravitasi lokal. Seperti halnya kerapatan yang digunakan untuk mengkarakteristikan massa sebuah sistem fluida, berat jenis digunakan untuk mengkarakteristikan berat dari sistem tersebut. Dalam sistem BG,  $\gamma$  mempunyai satuan lb/ft<sup>3</sup> dan satuan SI adalah N/m<sup>3</sup>. Dibawah kondisi gravitasi standar ( $g = 32,174 \text{ ft/s}^2 = 9,807 \text{ m/s}^2$ ), air pada temperatur 60 °F memiliki berat jenis 62,4 lb/ft<sup>3</sup> dan 9,80 kN/m<sup>3</sup>

## 2.22 Hukum Gas Ideal

Gas-gas sangat mudah dimampatkan (sangat mampu-mampat) dibandingkan dengan zat cair, di mana perubahan kerapatan gas berhubungan langsung dengan perubahan tekanan dan temperatur melalui persamaan (Bruce R. Munson, 2003):

$$p = \rho RT$$

di mana  $p$  adalah tekanan mutlak,  $\rho$  kerapatan,  $T$  temperatur mutlak<sup>2</sup> dan  $R$  konstanta gas. Persamaan tersebut biasanya disebut sebagai *hukum gas ideal* atau gas sempurna, atau *persamaan keadaan gas ideal*. Perilaku ini diketahui sangat mendekati perilaku gas-gas riil dibawah kondisi yang normal apabila gas-gas tersebut tidak mendekati keadaan pencairannya.

Tekanan dalam fluida adalah keadaan diam didefinisikan sebagai gaya normal per satuan luas yang diberikan pada sebuah permukaan bidang (nyata atau semu) yang terendam dalam fluida dan terbentuk dari tumbukan permukaan tersebut dengan molekul molekul fluida. Dari definisinya, tekanan mempunyai dimensi  $FL^{-2}$ , dan dalam suatu BG dinyatakan sebagai  $lb/ft^2$  (psf) atau  $lb/in.^2$  (psi) dan dalam satuan SI sebagai  $N/m^2$ . dalam SI,  $1 N/m^2$  didefinisikan pascal, disingkat pa dan tekanan biasanya dinyatakan dalam pascal. Tekanan dalam hukum gas ideal harus dinyatakan dalam mutlak, yang berarti bahwa tekanan tersebut diukur relatif terhadap tekanan nol mutlak (tekanan yang hanya terjadi dalam suatu ruang hampa sempurna). Tekanan atmosfer standar pada permukaan laut (menurut kesepakatan internasional) adalah 14,696 psi (abs) atau 101,33 kPa (abs). Untuk kebanyakan perhitungan, tekanan ini dapat dibulatkan masing-masing menjadi 14,7 psi dan 101 kPa. Dalam bidang teknik biasa diterapkan pengukuran tekanan relatif terhadap tekanan atmosfer lokal, dan apabila kita mengukur dengan cara itu hasilnya disebut tekanan ukur (gauge pressure) jadi tekanan mutlak dapat diperoleh tekanan ukur dengan menambahkan nilainya dengan nilai tekanan atmosfer. Contoh, sebuah tekanan 30 psi (gauge) dari sebuah ban sama dengan 44,7 psi (abs) pada tekanan atmosfer standart.

### 2.23 Pemampatan Dan Pengembangan Gas

Apabila gas dimampatkan atau dikembangkan, hubungan antara tekanan dan kerapatan tergantung pada sifat dari prosesnya. Jika pemampatan atau pengembangan berlangsung dalam kondisi temperatur yang konstan (*isothermal process*), maka dari persamaan (Bruce R. Munson, 2003).

$$p/\rho = \text{konstan}$$

jika pemampatan atau pengembangan berlangsung pada gesekan dan tidak ada pertukaran kalor dengan lingkungan (*proses isentropik*), maka

$$p/k\rho = \text{konstan}$$

dimana  $k$  adalah rasio dari kalor jenis pada tekanan konstan,  $c_p$ , terhadap kalor jenis pada volume konstan,  $c_v$  (jadi  $k = c_p/c_v$ ). Kedua kalor jenis tersebut dihubungkan dengan konstanta gas,  $R$ , melalui persamaan  $R = c_p - c_v$ . seperti hukum

gas ideal, tekanan dalam kedua persamaan 1.14 dan 1.15 harus dinyatakan sebagai tekanan mutlak.

## 2.24 Fluida Mampu Mampat

Kita biasanya menganggap gas-gas seperti udara, oksigen dan nitrogen sebagai fluida mampu-mampat (*compressible fluids*) karena kerapatan gas dapat berubah secara berarti dengan perubahan-perubahan tekanan dan temperatur. Jadi, meskipun persamaan 2.4 berlaku pada sebuah titik di dalam gas, perlu dipertimbangkan kemungkinan variasi nilai  $\gamma$  sebelum persamaan tersebut dapat diintegrasikan (Bruce R. Munson, 2003).

## 2.25 Computational Fluid Dynamics (CFD)

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) adalah metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan penghitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Prinsipnya adalah suatu ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan penghitungan dibagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan *sel* dan prosesnya dinamakan *meshing*. Bagian-bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol penghitungan. Pada setiap titik kontrol penghitungan akan dilakukan penghitungan oleh aplikasi dengan batasan *domain* dan *boundary condition* yang telah ditentukan. Prinsip inilah yang banyak dipakai pada proses penghitungan dengan menggunakan bantuan komputasi komputer (Puspa, 2012).

CFD merupakan penghitungan yang mengkhususkan pada fluida. Mulai dari aliran fluida, heat transfer dan reaksi kimia yang terjadi pada fluida. Atas prinsip-prinsip dasar mekanika fluida, konservasi energi, momentum, massa, serta *species*, penghitungan dengan CFD dapat dilakukan. Secara sederhana proses penghitungan yang dilakukan oleh aplikasi CFD adalah dengan kontrol-kontrol penghitungan yang telah dilakukan maka kontrol penghitungan tersebut akan melibatkan dengan memanfaatkan persamaan-persamaan yang terlibat. Persamaan-persamaan ini adalah persamaan yang membangkitkan dengan memasukan parameter apa saja yang terlibat dalam domain. Misalnya ketika

suatu model yang akan dianalisa melibatkan temperatur berarti model tersebut melibatkan persamaan energi atau konservasi dari energi tersebut. Inisialisasi awal dari persamaan adalah *boundary condition*. *Boundary condition* adalah kondisi di mana kontrol-kontrol penghitungan didefinisikan sebagai definisi awal yang akan dilibatkan ke kontrol-kontrol penghitungan yang berdekatan dengannya melalui persamaan-persamaan yang terlibat.

Dalam skripsi ini akan digunakan *software Ansys Fluen versi 12.1* dengan kemampuan untuk menyajikan beberapa besaran dalam analisa fluida tekanan gas.