

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor (*heat transfer*) adalah ilmu untuk perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Dimana energi yang pindah itu dinamakan kalor. Kalor telah diketahui dapat berpindah dari tempat dengan temperatur lebih tinggi ke tempat dengan temperatur lebih rendah. Hukum pencampuran kalor juga terjadi karena kalor itu berpindah, sedangkan pada kalorimeter, perpindahan kalor dapat terjadi dalam bentuk pertukaran kalor dengan luar sistem. Jadi pemberian atau pengurangan kalor tidak saja mengubah temperatur atau fasa zat suatu benda secara lokal, melainkan kalor itu merambat ke atau dari bagian lain benda atau tempat lain. efjbhfbhjvdb

Bila dalam suatu sistem terdapat gradien suhu atau bila dua buah benda yang suhunya berbeda dalam kontak ternal, maka panas akan mengalir dari benda yang suhunya lebih tinggi ke benda yang suhunya lebih rendah atau akan terjadi perpindahan energi. Proses tersebut disebut perpindahan panas. Proses perpindahan energi panas dibutuhkan pada proses penguapan air dari dalam bahan atau proses perubahan bentuk cair ke bentuk uap. Pada umumnya perpindahan panas secara konveksi dinyatakan dengan hukum pendinginan Newton (Yunus A. Cengel, 2014:26). hggiv

$$Q = hA (\Delta T) = (\text{Watt})$$

Dimana

H = Koefisien perpindahan panas

A = Luas permukaan (m^2)

ΔT = Beda temperatur (K)

Menurut penelitian, perpindahan tenaga kalor dapat dibagi dalam beberapa golongan cara perpindahan. Kalor itu dapat merambat dari suatu bagian ke bagian lain melalui zat atau benda yang diam. Kalor juga dapat dibawa oleh partikel-partikel zat yang mengalir. Pada radiasi kalor, tenaga kalor berpindah melalui pancaran yang merupakan juga satu cara perpindahan kalor. Umumnya perpindahan kalor berlangsung sekaligus dengan ketiga cara ini. Perpindahan kalor melalui cara pertama disebut perpindahan kalor melalui konduksi. Cara kedua perpindahan kalor melalui konveksi dan cara ketiga melalui radiasi. ^{jjj}

2.1.1 **Konduksi (Hantaran)**

Konduksi merupakan perpindahan panas antara molekul-molekul yang saling berdekatan antar yang satu dengan yang lainnya dan tidak diikuti oleh perpindahan molekul-molekul tersebut secara fisik molekul-molekul benda yang panas bergetar lebih cepat dibandingkan molekul-molekul benda yang berada dalam keadaan dingin.

Konduksi dari suatu bagian benda bertemperatur lebih tinggi akan mengalir melalui zat benda itu ke bagian lainnya yang bertemperatur lebih rendah. Zat atau partikel zat dari benda yang dilalui kalor ini sendiri tidak mengalir sehingga tenaga kalor berpindah dari satu partikel ke lain partikel dan mencapai bagian yang dituju. Perpindahan kalor cara ini disebut konduksi; arus panasnya adalah arus kalor konduksi dan zatnya itu mempunyai sifat konduksi kalor. Konduksi kalor ini bergantung kepada zat yang dilaluinya dan juga kepada distribusi temperatur dari bagian benda. Berlangsungnya konduksi kalor melalui zat dapat diketahui oleh perubahan temperatur yang terjadi.jj

Ditinjau dari sudut teori molekuler, yakni benda atau zat terdiri dari molekul, pemberian kalor pada zat menyebabkan molekul itu bergetar. Getaran ini makin bertambah jika kalor ditambah, sehingga tenaga kalor berubah menjadi tenaga getaran. Molekul yang bergetar ini tetap pada tempatnya tetapi getaran yang lebih hebat ini akan menyebabkan getaran yang lebih kecil dari molekul di sampingnya, bertambah getarannya, dan demikian seterusnya sehingga akhirnya getaran molekul pada bagian lain benda akan lebih hebat. Sebagai akibatnya, temperature pada bagian lain benda itu akan naik dan kita lihat bahwa kalor berpindah ketempat lain.kkkhuf

Jadi pada konduksi kalor, tenaga kalor dipindahkan dari satu partikel zat ke partikel di sampingnya, berturut-turut sampai mencapai bagian lain zat yang bertemperatur lebih rendah.

- Laju Perpindahan Kalor Konduksi

Persamaan umum laju konduksi untuk perpindahan kalor dengan cara konduksi dikenal dengan hukum Fourier (Fourier's Law) dimana "Laju perpindahan kalor konduksi pada suatu plat sebanding dengan beda temperature diantara dua sisi plat dan luasan perpindahan kalor, tetapi berbanding terbalik dengan tebal", yang dirumuskan seperti di bawah ini:

$$Q = kA \left(- \frac{dT}{dx} \right)$$

Dimana:

Q = Laju perpindahan kalor konduksi (watt);

K = Konduktivitas termal bahan (W/m.K);

A = Luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran kalor (m^2);

$\frac{dT}{dx}$ = Gradient temperature (perubahan temperature terhadap perubahan x) K/m). Tanda negatif (-) diselipkan dalam hukum Fourier yang menyatakan bahwa kalor berpindah dari media bertemperatur tinggi ke media yang bertemperatur lebih rendah.

2.1.2 Konveksi (Aliran/edaran)

Konveksi adalah perpindahan panas dari suatu zat ke zat yang lain disertai dengan gerakan partikel atau zat tersebut secara fisik. Konveksi terjadi karena partikel zat yang bertemperatur lebih tinggi berpindah tempat secara mengalir sehingga dengan sendirinya terjadi perpindahan kalor melalui perpindahan massa. Aliran zat atau fluida, dapat berlangsung sendiri sebagai akibat perbedaan massa jenis karena perbedaan temperatur, dan dapat juga

sebagai akibat paksaan melalui pipa kompresor, sehingga kita mengenal aliran zat atau fluida bebas dari paksaan. Dimana konveksi kalor pada aliran bebas disebut konveksi bebas dan pada aliran paksaan disebut konveksi paksaan.

Persamaan perpindahan kalor konveksi dikenal sebagai hukum Newton untuk perbandingan (Newton's Law of Cooling) dimana untuk semua mekanisme transfer kalor, jika beda temperature antara benda dan sekitarnya adalah kecil, maka laju pendinginan sebuah benda hampir sebanding dengan beda temperature, yang dirumuskan sebagai berikut:

Jika $T_s > T_\infty$:

$$q_{konv} = hA (T_s \geq T_\infty)$$

Dimana:

q_{konv} = Laju perpindahan kalor konveksi (watt)

h = Koefisien perpindahan kalor konveksi ($W/m^2 \cdot K$)

A = Luas permukaan perpindahan kalor (m^2)

T_s = Temperatur permukaan (K)

T_∞ = Temperatur Fluida (K)

2.1.3 Radiasi

Radiasi merupakan pemancaran energi dalam bentuk gelombang atau partikel yang dipancarkan oleh sumber radiasi atau zat radioaktif (Syahria *et*

al.2012). radiasi sinar-X dihasilkan oleh tabung pesawat sinar-X. Karena sumbernya berasal dari luar tubuh manusia, maka radiasi sinar-X merupakan radiasi eksternal. Dalam hal proteksi radiasi eksternal, terdapat tiga teknik untuk mengontrol penerimaan radiasi khususnya bagi pekerja radiasi yaitu meminimalkan jarak, meminimalkan waktu dan pemakaian perisai radiasi (Akhadi 2000).adaae

Radiasi dipancarkan dari sumber radiasi ke segala arah. Semakin dekat tubuh dengan sumber radiasi maka paparan radiasi yang diterima semakin besar. Paparan radiasi sebagian akan menjadi pancaran hamburan saat mengenai materi. Radiasi hamburan ini akan menambah jumlah dosis radiasi yang diterima. Untuk mencegah paparan radiasi tersebut dapat dilakukan dengan menjaga jarak pada tingkat yang aman dari sumber radiasi (Ulum 2008).nkng

Factor jarak berkaitan erat dengan intensitas radiasi. Intensitas radiasi pada suatu titik akan berkurang berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik tersebut dengan sumber radiasi. Intensitas radiasi didefinisikan sebagai jumlah radiasi yang menembus luas permukaan (dalam cm^2) per satuan waktu (s). Intensitas radiasi pada permukaan bola dengan jari-jari R_1 dan R_2 masing-masing adalah :

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

$$I_1 = \frac{p}{4\pi (R_1)^2}$$

$$I_2 = \frac{p}{4\pi (R_2)^2}$$

Keterangan :

I = Intensitas (*Watt/m²*)

P = Daya

A = Luas permukaan bola

Dari persamaan diatas deapat diperoleh hubungan sebagai berikut :

$$I_1 : I_2 = \frac{1}{(R_1)^2} : \frac{1}{(R_2)^2}$$

2.2 Fluida

Fluida didefinisikan sebagai zat yang berdeformasi terus menerus selama dipengaruhi suatu tegangan geser. Fluida atau zat cair dibedakan dari benda padat karena kemampuannya untuk mengalir. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Zat padat mempertahankan suatu bentuk dan ukuran yang tetap, sekalipun suatu gaya yang besar diberikan pada zat padat tersebut, zat padat tidak mudah berubah bentuk maupun volumenya, sedangkan zat cair tidak mempertahankan bentuk yang tetap, zat cair mengikuti bentuk wadahnya dan volumenya dapat diubah hanya jika diberikan padanya gaya yang sangat besar dan gas tidak mempunyai bentuk maupun volume yang tetap, gas akan berkembang mengisi seluruh wadah.

Fluida memiliki sifat tidak menolak terhadap perubahan bentuk dan kemampuan untuk mengalir (umumnya kemampuannya untuk mengambil bentuk dari wadah). Sifat ini biasanya dikarenakan sebagai fungsi dari ketidakmampuan terhadap tegangan geser (*shear stress*) dalam ekuilibrium static. Konsekuensi dari sifat ini adalah hukum pascal yang menekankan pentingnya tekanan dalam mengkarakteristik bentuk fluida. fdrdrd

Karena zat cair dan gas tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir. Dengan demikian keduanya sering secara kolektif disebut sebagai fluida. Fluida secara umum bila dibedakan dari sudut kemampatannya (*compressibility*), maka bentuk fluida terbagi dua jenis, yaitu *compressible fluid* dan *incompressible fluid*. *Compressible fluid* adalah fluida yang tingkat kerapatannya dapat berubah-ubah, contohnya zat berbentuk gas. *Incompressible fluid* adalah fluida yang tingkat kerapatannya tidak berubah atau perubahannya kecil sekali dan dianggap tidak ada. Contohnya zat berbentuk cair. tt

2.2.1 Sifat-sifat fluida

Cairan dan gas disebut fluida karena zat tersebut dapat mengalir. Untuk mengerti aliran fluida maka harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida. Sifat-sifat dasar fluida yaitu kerapatan (*density*), berat jenis (*specific gravity*), tekanan (*pressure*) dan kekentalan (*viscosity*). dgrs

2.2.2 Kerapatan (*Density*)

Kerapatan dinyatakan dengan ρ (ρ adalah huruf kecil Yunani yang dibaca (“rho”). Kerapatan didefinisikan sebagai massa per satuan volume. Berikut persamaan dari kerapatan :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan

ρ = Kerapatan (Kg/m^3)

m = Massa benda (Kg)

V = Volume (m^3)

Kerapatan adalah suatu sifat karakteristik setiap bahan murni. Benda tersusun atas bahan murni, misalnya emas murni, yang dapat memiliki berbagai ukuran ataupun massa, tetapi kerapatannya akan sama untuk semuanya. Satuan SI untuk kerapatan adalah kg/m^3 .

2.2.3 Tekanan (*Pressure*)

Tekanan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas dengan gaya F dianggap bekerja secara tegak lurus terhadap luas permukaan A . Satuan tekanan dalam SI adalah N/m^2 . Satuan ini mempunyai nama resmi pascal (Pa), untuk penghormatan terhadap Blaise Pascal dipakai $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2$. Namun untuk penyederhanaan, sering menggunakan N/m^2 . Satuan lain yang digunakan adalah dyne/cm^2 , $1\text{b}/\text{in}^2$,

(kadang disingkat dengan “psi”), dan kg/cm^2 (apabila kilogram adalah gaya : yaitu, $1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ N/cm}^2$). (Putra,2012).

Berikut persamaan dari tekanan :

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

Keterangan :

P = tekanan (kg/m^2)

F = gaya (kg)

A = Luas permukaan (m^2)

2.2.4 Berat Jenis (*Specific Gravity*).

Berat jenis suatu bahan didefinisikan sebagai perbandingan kerapatan bahan terhadap kerapatan air. Berat jenis (*specific gravity* disingkat SG) adalah besaran murni tanpa dimensi maupun satuan, dinyatakan pada persamaan sebagai berikut:

$$\text{Untuk fluida gas (SGg)} = \rho_g / \rho_a$$

Keterangan:

ρ_g = massa jenis gas (kg/m^3)

ρ_a = massa jenis udara (kg/m^3)

2.2.5 Aliran Fluida

Aliran fluida adalah suatu perpindahan fluida dari titik satu ke titik yang lainnya. Dari segi mekanik, fluida dibagi menjadi dua macam yaitu statika fluida

(fluida diam) dan dinamika fluida (fluida alir). Pada industri, metode perhitungan aliran fluida sangat digunakan di dalam perancangan pemanasan pipa, penempatan pipa, panjang pipa, dan hal-hal lain yang diperlukan dalam penghantaran fluida. Dan salah satu yang terpenting dalam proses *flow control*.

Fluida air yang mengalir di dalam suatu pipa yang lintasannya berliku-liku dapat mengalir karena adanya pompa dalam pipa. Selain itu, untuk mengontrol laju alir fluida dapat dikontrol dengan valve. Fluida dapat dialirkan dengan lancar di dalam pipa dengan adanya kedua alat tersebut.

2.2.6 Faktor yang mempengaruhi Aliran Fluida

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi aliran fluida yaitu:

- Laju Aliran Volume.

Laju aliran volume disebut juga debit (Q) aliran fluida yaitu jumlah volume aliran per satuan waktu. Debit aliran dapat dituliskan pada persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

V = volume aliran fluida (m^3)

Q = debit aliran fluida (m^3/s)

t = waktu aliran fluida (s)

Selain persamaan di atas dapat juga menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = A \cdot v$$

Keterangan:

Q = debit aliran fluida (m^3/s)

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

A = luas penampang pipa (m)

Kecepatan Aliran Fluida.

Kecepatan aliran fluida didefinisikan sebagai besarnya debit aliran yang mengalir persatuan luas.

$$v = \frac{Q}{A}$$

Keterangan:

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

A = luas penampang pipa (m)

Q = debit aliran fluida (m^3/s)

2.3 Gas

Gas merupakan salah satu bahan bakar yang belakangan ini semakin dikembangkan di Indonesia sebagai salah satu energi alternatif. Bahan bakar gas sendiri terdiri dari dua jenis, yakni *Compressed Natural Gas* (CNG) dan *Liquid Petroleum Gas* (LPG). CNG dibuat dengan melakukan kompresi metana (CH_4) yang diekstrak dari gas alam. Sedangkan LPG, komponen utamanya didominasi propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}), dengan kandungan hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana (C_2H_6) dan pentana (C_5H_{12}). Dalam kondisi atmosfer, LPG akan berbentuk gas dan jika tekanan ditambah dan diturunkan suhunya, LPG akan berubah menjadi cair. Volume LPG dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dalam bentuk gas untuk berat yang sama, (VEDCMalang, 2016).bhjftyidutd

Gas adalah salah satu dari empat wujud dasar materi (lainnya adalah padat, cairan, dan plasma). Gas murni dapat tersusun dari atom (misalnya gas mulia seperti neon), molekul elemen yang tersusun dari satu jenis atom (misalnya oksigen), atau molekul senyawa yang tersusun dari berbagai macam atom (misalnya karbon dioksida). Campuran gas akan mengandung beragam gas murni seperti udara. Hal yang membedakan gas dari cairan dan padat adalah pemisahan partikel gas yang sangat besar. Pemisahan ini biasanya membuat gas tak berwarna menjadi tak terlihat oleh pengamatan manusia. Interaksi partikel gas dengan adanya medan listrik dan medan gravitasi dapat diabaikan seperti ditunjukkan oleh vektor kecepatan konstan. Salah satu jenis gas yang umum dikenal adalah kukus.

Pemanfaatan energi gas alam di Indonesia relatif stabil karena produksi gas alam berorientasi ekspor, ditambah konsentrasi, tradisi, dan kebiasaan serta peralatan yang digunakan masyarakat masih cenderung peralatan yang menggunakan sumber energi BBM. Penggunaan Gas alam sebagai sumber energy belum mendapatkan perhatian yang serius (LPI, 1977: 3). Hal ini bisa dilihat dari tabel perbandingan produksi dan konsumsi gas di Indonesia.

Tabel 2.1 Perbandingan produksi dan konsumsi gas di Indonesia

(Sumber: BP Statistical Review of World Energi 2015)

Tahun	Produksi dalam milyar m^3	Konsumsi dalam milyar m^3
2005	75.1	35.9
2006	74.3	36.6
2007	71.5	34.1
2008	73.7	39.1
2009	76.9	41.5
2010	85.7	43.4
2011	81.5	42.1
2012	77.1	42.2
2013	72.1	36.5
2014	73.4	38.4

Sejak kurun waktu tahun 2012, seiring dengan upaya konversi Minyak tanah (mitan) ke Gas dan upaya lain untuk mengurangi ketergantungan terhadap BBM

menjadi gas, maka hingga tahun 2025 akan mengalami peningkatan kebutuhan yang cukup signifikan terhadap gas alam. Pada periode tersebut gas alam dioptimalkan penggunaannya di dalam negeri, baik sebagai bahan bakar maupun bahan baku.

Industri, serta sebagai jembatan untuk mempersiapkan penggunaan teknologi yang lebih bersih seperti energi baru dan terbarukan (<http://www.migas.esdm.go.id>, diakses pada tanggal 21 maret 2016). Pada tahun 2014, total pasokan gas Indonesia mencapai 6.970 yang berasal dari pasokan eksisting 6.764 dan pasokan project 206. Tahun berikutnya, pasokan eksisting mengalami penurunan 106 menjadi 6.658 dan pasokan project meningkat 704 menjadi 910. Pada tahun 2015, terdapat pasokan potensial, sehingga total pasokan gas mencapai 7.569. Berdasarkan gambaran pasokan dan kebutuhan gas tahun 2014 dan 2015, terlihat adanya selisih yang cukup tajam. Pada tahun 2014, selisih pasokan dan kebutuhan gas mencapai 2.524 dan pada tahun 2015 turun menjadi 2.044 karena turunnya ekspor. Potret pasokan dan kebutuhan gas 5 tahun mendatang masih diwarnai tingkat defisit yang tinggi. Selisih pasokan dan kebutuhan gas tahun 2019 diperkirakan meningkat pada tahun 2020. Hal ini disebabkan terus menurunnya jumlah pasokan. Pada tahun 2019, diperkirakan akan mengalami penurunan sebesar 33% dari pasokan eksisting pada tahun 2014. Pasokan gas tahun 2019 ditopang oleh kenaikan pasokan project dari 206 pada 2014 menjadi 3.910. Ada pula tambahan dari pasokan potensial sebanyak 59 yang menjadikan pasokan gas secara keseluruhan pada tahun 2010 sebesar 8.445. Proyeksi produksi gas di atas menyiratkan gambaran bahwa produksi gas di masa depan akan semakin meningkat begitupun tingkat kebutuhan. Gas secara

berangsur-angsur akan menjadi sumber energi utama menggantikan BBM. Selama ini pemanfaatan gas alam digolongkan dalam tiga kelompok; Pertama, gas alam sebagai bahan bakar atau sumber energi yang digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga gas atau uap, bahan bakar industri ringan, menengah, dan berat, bahan bakar kendaraan bermotor, dan bahan bakar rumah tangga. Kedua, gas alam sebagai bahan baku, selain sebagai sumber energi, gas alam dimanfaatkan sebagai bahan baku beberapa produk, seperti pupuk, petrokimia, metanol, dan plastik. Ketiga adalah gas alam sebagai komoditas ekspor dalam bentuk LNG (IPB Press, 2012: 12).

2.3.1 Gas ideal

Gas ideal adalah gas hipotesis (gas Khayalan) yang model molekulnya mengikuti asumsi tertentu. Pertama, gas terdiri dari partikel-partikel, yang dinamakan molekul-molekul. Bergantung pada gas tersebut, maka setiap atom akan terdiri dari sebuah atom atau sekelompok atom. Jika gas tersebut adalah sebuah elemen atau suatu persenyawaan dan berada di dalam suatu keadaan stabil, maka semua molekul akan ditinjau sebagai molekul yang identik.

Molekul-molekul bergerak secara acak dan menuruti hukum-hukum gerak Newton. Molekul-molekul bergerak di dalam semua arah dengan berbagai laju. Pada waktu kapanpun, beberapa persen molekul bergerak dengan kelajuan tinggi, dan beberapa persen lainnya bergerak dengan kelajuan rendah.

Gas-gas yang kompresibel lebih pada tekanan rendah dan kurang kompresibel pada tekanan tinggi dari yang diharapkan dari perilaku ideal. Arah dan laju gerakan dari setiap molekul dapat berubah secara tiba-tiba karena tumbukan dengan dinding atau dengan molekul lain. Jumlah besar tumbukan yang dihasilkan akan mempertahankan distribusi kecepatan molekuler secara keseluruhan dan keacakan gerakan.

Volume molekul-molekul adalah pecahan kecil yang dapat diabaikan dari volume yang ditempati oleh gas tersebut, tidak ada gaya-gaya yang cukup besar yang beraksi pada molekul-molekul kecuali selama tumbukan. Sampai taraf dimana anggapan ini benar maka sebuah molekul akan bergerak dengan kecepatan seragam diantara tumbukan-tumbukan. Karena molekul mempunyai ukuran kecil, maka jarak rata-rata diantara molekul-molekul adalah besar dibandingkan terhadap ukuran sebuah molekul. Maka, jangkauan pengaruh gaya-gaya molekuler tersebut dapat disamakan dengan ukuran molekuler.

Tumbukan-tumbukan adalah elastik dan tumbukan-tumbukan terjadi dalam waktu yang sangat singkat. Konsep gas ideal sangat bermanfaat sebab gas-gas nyata pada tekanan yang sangat rendah (di bawah tekanan kritis) dan pada suhu tinggi (di atas suhu kritis) memiliki sifat seperti gas ideal.

Presamaan keadaan gas ideal dinyatakan sebagai

$$PV = nRT$$

Dengan P tekanan gas ideal (N), V volume gas ideal (m^3), n jumlah mol gas ideal, R tetapan universal gas ideal yakni sebesar $8.314,3 \text{ J Kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, T suhu gas (K).

Gas ideal dapat mengalami beragam proses sesuai dengan keadaan besaran-besarannya. Proses ini sering disebut sebagai proses termodinamika, yakni proses dengan volume tetap (isokhorik), tekanan tetap (isobarik), suhu tetap (isotermik) dan proses adiabatik. Sebenarnya proses-proses ini merupakan manifestasi dari ekspansi dan kompresi gas ideal. Hukum umum ekspansi dan kompresi gas ideal menyatakan bahwa

$$PV^n = \text{tetap}$$

Persamaan ini memberikan hubungan antara tekanan dan volume gas. Nilai n tergantung pada keadaan alami gas dan perubahan keadaan ekspansi atau kompresi terjadi. Nilai n membentang dari nol sampai tak berhingga, $0 \leq n \leq \infty$.

Proses beragam nilai n yang istimewa dapat dirinci sebagai berikut:

1. Jika $n = 0$, maka $PV^0 = \text{tetap}$. Ini artinya P tetap. Proses ini juga disebut isobarik;
2. Jika $n = 1$, maka $PV^1 = \text{tetap}$. Ini artinya PV tetap. Proses ini juga disebut isotermik;
3. Jika $n = \gamma$, maka $PV^\gamma = \text{tetap}$. Proses ini juga disebut adiabatik;
4. Jika $n = \infty$, maka $PV^\infty = \text{tetap}$. Proses ini juga disebut isokhorik;

Untuk memberikan gambaran tentang keadaan gas ideal para ahli memberikan diskripsi baik secara makroskopik maupun secara mikroskopik yang akan dibahas pada sub bab selanjutnya. Gas Ideal adalah gas yang mematuhi persamaan gas umum dari $pV = nRT$ dan hukum gas lainnya di semua suhu dan tekanan.

p =Tekanan absolut gas(atm)

V =volum spesifik gas (liter)

R =konstanta gas (0,082 L.atm/mol atau 8,314j/kmol

T =suhu temperatur absolut gas (k)

n =jumlah mol gas

2.3.2 Kriteria gas ideal

- 1) Partikel gas ideal tersebar merata dalam ruang yg sempit, jumlahnya banyak.
- 2) Partikel gas ideal bergerak arahnya sembarangan (acak).
- 3) Partikel gas memenuhi hukum newton.
- 4) Molekul gas tidak dibedakan, berukuran kecil, dan berbentuk bola.
- 5) Molekul secara konstan bergerak pada arah acak dengan distribusi kecepatan.
- 6) Tidak ada gaya atraktif atau repulsif antara molekul atau sekitarnya.
- 7) Semua tabrakan antar gas bersifat elastis dan semua gerakannya tanpa friksi (tidak ada energi hilang pada gerakan atau tabrakan).

2.3.3 Sifat gas ideal :

- 1) Molekul-molekul gas merupakan materi bermassa yang di anggap tidak mempunyai volume.
- 2) Gaya tarik menarik atau tolak menolak antara molekul di anggap nol.
- 3) Tumbukan antar molekul dengan dinding bejana adalah lenting sempurna.
- 4) Memenuhi hukum gas $PV=Nrt$

Penerapan sederhana gas ideal yang terjadi di dalam kehidupan secara tidak disengaja

- Ban motor menjadi kempes jika lama tidak digunakan.
- Pompa sepeda.

2.3.4 Gas nyata

Gas nyata (*real*) adalah gas yang tidak mematuhi persamaan dan hukum gas lainnya di semua kondisi suhu dan tekanan.

2.3.5 Sifat gas nyata

- 1) Volume gas nyata tidak dapat di abaikan.
- 2) Terdapat gaya tarik menarik antara molekul- molekul gas, terutama jika tekanan volume di perbesar atau di perkecil.
- 3) Adanya interaksi atau gaya tarik menarik antara molekul gas nyata yang sangat kuat yang menyebabkan molekulnya tidak lurus dan tekanan dinding menjadi lebih kecil dari pada gas ideal.

2.3.6 Kinetik molekular gas

Kekuatan tarik antara molekul gas dianggap diabaikan. Asumsi ini hanya berlaku pada tekanan rendah dan suhu tinggi karena dalam kondisi molekul berjauhan. Tetapi pada tekanan tinggi dan suhu rendah volume gas kecil dan sehingga kekuatan menarik meskipun sangat kecil.

2.3.7 Perbedaan gas nyata dan gas ideal

- Gas Ideal patuhi semua hukum dalam semua gas keadaan suhu dan tekanan.
- Gas nyata mematuhi hukum gas hanya pada tekanan suhu rendah dan tinggi.
- Volume yang ditempati oleh molekul diabaikan dibandingkan dengan total volume ditempati oleh gas.
- Volume yang ditempati oleh molekul tidak dapat diabaikan dibandingkan dengan total volume ditempati oleh gas.
- Kekuatan tarik antara molekul diabaikan.
- Kekuatan tarik yang tidak dapat diabaikan sama sekali suhu dan tekanan.
- Mematuhi persamaan gas ideal

$$pV = nRT$$
- Mematuhi persamaan Van Der Waals

Untuk sebagian besar aplikasi, analisis terperinci seperti itu tidak perlu, dan perkiraan gas ideal dapat digunakan dengan akurasi yang masuk akal. Di sisi lain, model gas asli harus digunakan di dekat

titik kondensasi gas, dekat titik kritis , pada tekanan yang sangat tinggi, untuk menjelaskan efek Joule-Thomson dan dalam kasus-kasus lain yang kurang biasa.

2.3.8 Penyebab Penyimpangan

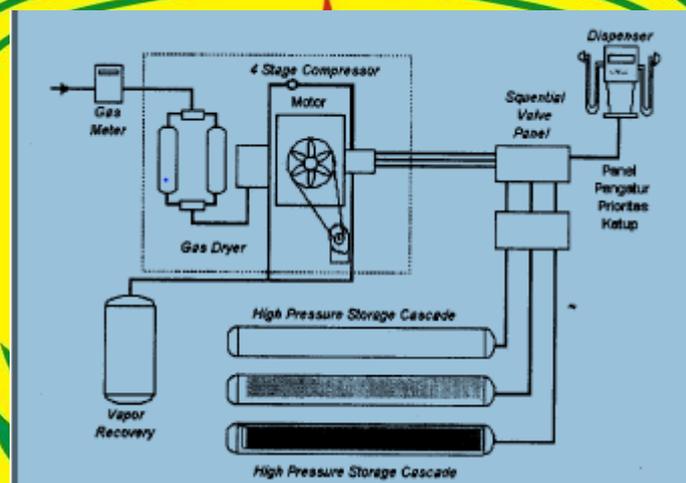
Van der Waals menunjukkan asumsi kesalahan yang dibuat dalam merumuskan model kinetik molekular gas. Kekuatan tarik antara molekul gas dianggap diabaikan. Asumsi ini hanya berlaku pada tekanan rendah dan suhu tinggi karena dalam kondisi molekul berjauhan. Tetapi pada tekanan tinggi dan suhu rendah volume gas kecil dan sehingga kekuatan menarik meskipun sangat kecil.

2.4 CNG

CNG (*Compressed Natural Gas*) dapat dimanfaatkan pada sektor transportasi, industry, rumahan, maupun komersial. Pemanfaatan pada transportasi akan memerlukan kit converter, sedangkan pada industry dan fasilitas komersial dapat langsung dihubungkan pada jaringan pipa gas. Gas bumi dari pipa distribusi dapat langsung dikompresi pada stasiun pengisian yang umum disebut sebagai CCNG. CCNG terdiri dari SPBG *online*, SPBG *Mother* dan SPBG *Daughter*. Bila feedback LNG maka umum disebut LCNG. (Boedoyo, 2015: 1)

Tekanan pada jaringan pipa gas sangat besar pengaruhnya pada kecepatan pengisian. Kompresor dapat tekanan minimum 2 bar lebih dari 2 bar, tekanan optimal adalah sekitar 10-11 bar sehingga dalam pengisian 130 liter setara premium hanya membutuhkan 3-4 menit. Gas bumi pada jaringan kadang kala mempunyai kandungan air (*humidity*) yang tinggi sehingga akan membutuhkan pengering (*dryer*) yang akan meningkatkan biaya investasi. Karena gas alam

terkompresi (CNG) mempunyai tekanan tinggi, maka tangki CNG harus mampu menahan tekanan sampai 200 bar. Sesuai dengan namanya, maka sumber gas adalah dari pipa gas, hasil produksi CNG akan dibawa dengan truk CNG ke lokasi yang membutuhkan, baik SPBG, industri atau fasilitas komersial lain.



Gambar 2.1 Regasifikasi CNG

(Sumber: Boedoyo, 2015: 1)

SPB CNG yang baru dikembangkan terdiri dari komponen-komponen yang lebih sedikit dan jauh lebih kecil dibanding SPB CCNG untuk kapasitas sama.

(Boedoyo, 2015: 1)

Upaya meningkatkan penggunaan CNG khususnya pada angkutan umum sudah dirancang pemerintah sejak tahun 1986. *Pilot project* program ini diimplementasikan pada armada taksi dan mikrolet di Jakarta. Program selanjutnya adalah langit biru pada tahun 1996, kemudian program nasional diversifikasi energy melalui penggunaan CNG pada Mei 2006. Kota-kota yang angkutan umumnya

diwajibkan menggunakan CNG adalah Jakarta, Bandung, Surabaya, Cilegon, Bogor, dan Palembang.

2.5 Ardiuno Uno

Ardiuno Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada Atmega328. *Board* ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 input *analog*, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya.

