

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Dan Tujuan Pengeringan

Pengeringan adalah proses pengeluaran air atau pemisahan air dalam jumlah yang relatif kecil dari bahan dengan menggunakan energi panas. Hasil dari proses pengeringan adalah bahan kering yang mempunyai kadar air setara dengan kadar air keseimbangan udara normal atau setara dengan nilai aktivitas air yang aman dari kerusakan mikrobiologis, enzimatik dan kimiawi. Pengertian proses pengeringan berbeda dengan proses penguapan (evaporasi). Proses penguapan atau evaporasi adalah proses pemisahan uap air dalam bentuk murni dari suatu campuran berupa larutan (cairan) yang mengandung air dalam jumlah yang relatif banyak. Prinsip kerja mesin pengering adalah dengan cara melewatkan udara kering dan panas ke dalam ruang pengering. Udara sekitar di hisap oleh blower dari ruang pemanas masuk ke ruang pengering. Udara kering bersuhu tinggi ini di gunakan untuk mengeringkan sepatu basah yang berada di dalam ruang pengering.

2.1.1 Macam Macam Mesin Pengering

Pada saat ini ada beberapa macam mesin pengering, diantaranya :

1. Mesin pengering sepatu dengan heater pemanas

Prinsip kerja metode pengering pakaian adalah memanfaatkan energi panas yang di hasilkan untuk memisahkan air dari sepatu menggunakan pemanas, seperti heater atau gas LPG sebagai pemanas ruangnya. melewatkan udara kering dan panas ke dalam ruang pengering. Udara sekitar di hisap oleh blower dari ruang

pemanas masuk ke ruang pengering . udara kering bersuhu tinggi ini di gunakan untuk mengeringkan sepatu basah yang berada di dalam ruang pengering..

2. Mesin pengering helm dengan menggunakan energi listrik

Mesin pengering helm merupakan alat pemanas yang menggunakan tiga buah komponen utama antara lain motor listrik, kipas dan elemen pemanas. Elemen pemanasnya berupa lilitan tembaga yang disusun sedemikian rupa membentuk spiral, Motor listrik penggerak kipas berupa motor DC dan kipas terbuat dari bahan aluminium.

Prinsip kerja dari mesin pengering helm yaitu elemen pemanas dialiri oleh energi listrik sehingga menghasilkan panas untuk menaikkan suhu udara ruangan kemudian udara panas dihembuskan dengan bantuan dari kipas yang digerakan oleh motor listrik masuk ke dalam ruang pengering sehingga bagian dalam helm menjadi kering karena pada saat bagian dalam helm yang sebagian besar bahannya terbuat dari bahan kain dilewati oleh udara panas, air yang terdapat pada helm menguap dan berpindah ke udara panas tersebut.

3. Mesin pengering hasil perkebunan dengan Rotary Dryer

Mesin pengering Rotary Dryer merupakan salah satu jenis mesin pengering yang sering digunakan dalam bidang pengolahan makanan dan pertanian. Dalam bidang pengolahan makanan sering digunakan untuk proses pengeringan tepung roti, tepung mokaf. Untuk bidang pertanian, banyak digunakan untuk proses pengeringan gabah, kedelai, jagung, biji kopi, biji kakao.



Gambar 2.1 mesin pengering rotary dryer

Prinsip kerja metode pengeringan dengan menggunakan Rotary Dryer adalah dengan memutar dan penambahan panas secara tidak langsung. Badan utama mesin yang berbentuk tabung memanjang bergerak berputar dengan bantuan heater untuk proses pengeringan. Udara panas kemudian dihembuskan dari heater dengan menggunakan blower kedalam ruang pengering. Udara panas yang dihembuskan inilah yang berfungsi untuk mengeringkan bahan baku, sedangkan fungsi dari Rotary adalah untuk mengaduk bahan baku sehingga bahan baku kering secara merata di semua bagian. Bahan baku yang akan dikeringkan masuk ke dalam corong input secara bertahap hingga semua bagian didalam tabung penuh oleh bahan baku, kemudian bahan baku di keluarkan melalui corong output dalam keadaan kering.

4. Pengering Sepatu dengan metode dehumidifikasi

Pengering sepatu jenis ini menggunakan metode dehumidifikasi. Pengering sepatu jenis ini sangat jarang ditemui di pasaran. Mesin pengering sepatu bekerja dengan memanfaatkan proses dehumidifikasi dan pemanasan udara yang disirkulasikan ke dalam lemari pengering. Udara diturunkan kelembabannya dan dipanaskan, kemudian disirkulasikan ke lemari pengering. Akibat dari udara kering dan bersuhu tinggi pada ruangan menimbulkan air dalam sepatu menguap. Selanjutnya udara kering yang bercampur dengan udara lembab hasil dari pengeringan di lemari pertama dipergunakan kembali untuk mengeringkan lemari kedua sebelum di lepas ke udara luar.

2.1.2 Kelebihan Dan Kekurangan Pengeringan

Secara umum, kelebihan dan kekurangan pengeringan adalah sebagai berikut :

1. pengering alami

Kelebihannya adalah tidak memerlukan biaya mahal dan tidak memerlukan keahlian khusus untuk merakit alat pengering buatan. Kekurangannya adalah membutuhkan lahan yang sangat luas dan sangat bergantung pada cahaya matahari

2. pengering buatan

Kelebihannya adalah Suhu dan kecepatan proses dapat diatur sesuai kebutuhan, faktor higienis dapat dilindungi dan lebih cepat dari pengeringan alami karena suhu, kelembaban, kecepatan udara yang terkondisikan. Sedangkan

kekurangannya adalah biaya yang lebih mahal dan memerlukan perkakas dan keterampilan khusus untuk membuat pengering

2.2 Matahari

Matahari adalah sebuah bola gas yang amat panas dengan garis tengah 1,39 juta kilometer dan berjarak rata-rata 150 juta kilometer dari bumi. Massa matahari sangat besar yaitu 2×10^{30} kg, tetapi massa jenis rata-ratanya hanya 1400 kg/m^3 . Matahari berputar pada porosnya kira-kira sekali pada empat minggu. Namun matahari bukanlah suatu benda padat sehingga kecepatan rotasi matahari tidak sama pada tiap bagiannya. Pada daerah ekuator, periode rotasinya 27 hari, dan bagian kutub kira-kira 30 hari.

Matahari memiliki temperatur benda hitam efektif pada 5777 K. Temperatur di dalam daerah sentral matahari yaitu $0-0,23 R$ (R adalah radius matahari) bervariasi antara 8 juta sampai 40 juta Kelvin. Pada daerah pusat ini, yang mengandung 40% massa matahari, diperkirakan menghasilkan 90% energinya. Pada jarak $0,7 R$ dari pusat, mulai terjadi proses konveksi, dan temperatur turun sampai kira-kira 130.000 K, disertai juga dengan penurunan densitas sampai 70 kg/m^3 . Suatu daerah yang berada pada $0,7 - 1,0 R$ adalah zona konvektif. Dalam daerah ini penurunan temperatur berlanjut sampai kira-kira 5000 K dengan densitas 105 kg/m^3 . Bagian luar dari zona konvektif adalah fotosphere yang merupakan sumber radiasi surya terbanyak. Bagian yang luas dari matahari adalah koron, suatu daerah dengan kepadatan yang sangat rendah tetapi temperturnya sangat tinggi yaitu satu juta kelvin.

2.2.1 Radiasi

Perpindahan panas radiasi ialah perpindahan kalor dari temperatur tinggi ke temperatur rendah akibat dari gerakan foton-foton yang bergerak serempang atau proses perpindahan kalor dari temperatur tinggi ke temperatur rendah karena adanya pancaran. Pada perpindahan panas secara radiasi, panas ditransfer melalui gelombang-gelombang elektromagnetik, dimana kecepatan gelombang tersebut sama dengan kecepatan cahaya.

Semakin tinggi suhu bahan tadi maka semakin tinggi pula energi kalor yang disinarkan. Proses radiasi adalah fenomena permukaan. Proses radiasi tidak terjadi pada bagian dalam bahan. Tetapi suatu bahan apabila menerima sinar, maka banyak hal yang boleh terjadi. Apabila sejumlah energi kalor menimpa suatu permukaan, sebahagian akan dipantulkan, sebahagian akan diserap ke dalam bahan, dan sebahagian akan menembusi bahan dan terus ke luar. Jadi dalam mempelajari perpindahan kalor radiasi akan dilibatkan suatu fisik permukaan.

Sifat dari permukaan radiasi (emisivitas) didefinisikan sebagai perbandingan radiasi yang dihasilkan oleh permukaan terhadap radiasi yang dihasilkan oleh permukaan benda hitam pada temperatur yang sama. Emisivitas mempunyai nilai yang berbeda tergantung kepada panjang gelombang dan arahnya. Nilai emisivitas bervariasi dari 0 sampai dengan 1, dimana benda hitam mempunyai nilai emisivitas 1.

Tabel 2.1 : Emisivitas Total Normal Berbagai Permukaan

No.	Permukaan	Emisivitas ϵ
Logam		
1.	Alumunium	0,52
	Plat mengkilap 98,3 % murni	0,39 – 0,57
	Plat lembaran	0,09
	Plat teroksidasi	0,2 – 0,31
2.	Kuningan	
	Plat pudar	0,22
	Krom	0,08 – 0,36
3.	Plat tembaga dipanaskan	0,78
4.	Baja lunak	0,2 – 0,32
5.	Perak murni	0,02 – 0,032
6.	Seng	0,23
Bahan tahan api, bahan bangunan, cat, dan logam		
1.	Bata merah	0,93
2.	Karbon plat kasar	0,77
3.	Alumunium Cat Hitam	0,52
4.	Karet	0,94
5.	Air	0,95 – 0,963

2.2.2 Sifat-sifat Radiasi

Bila energi radiasi menimpa permukaan suatu bahan, maka sebagian dari radiasi itu dipantulkan (refleksi), sebagian diserap (absorpsi), dan sebagian lagi diteruskan (transmisi). Fraksi yang dipantulkan dinamakan refleksifitas ρ , fraksi yang diserap absorptivitas α , dan fraksi yang diteruskan transmisivitas τ . Maka,

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

Kebanyakan benda pada tidak meneruskan radiasi termal sehingga untuk kebanyakan soal-soal terapan, transmisivitas dianggap nol. Ada dua fenomena refleksi yang dapat diamati bila radiasi menimpa suatu permukaan. Jika sudut jatuhnya sama dengan sudut refleksi, maka dikatakan refleksi itu spekuler. Disisi lain apabila berkas yang jatuh itu tersebar ke segala arah sesudah refleksi, maka hal tersebut disebut baur atau difus. Kedua jenis refleksi ini digambarkan :

Daya emisi (E) suatu benda adalah energi yang dipancarkan benda tersebut per satuan luas per satuan waktu. Untuk mendapatkan hubungan antar daya emisi suatu benda dengan sifat-sifat bahan. Jika sekarang benda dalam ruangan itu diganti dengan benda hitam dengan ukuran, bentuk, dan suhu ruangan yang sama, dan benda hitam itu dibiarkan mencapai kesetimbangannya.

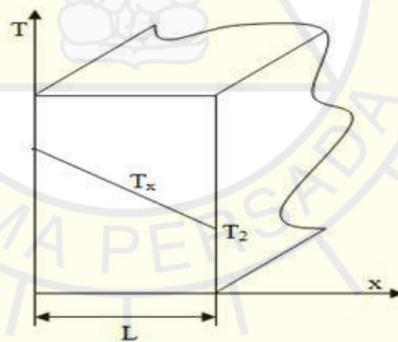
2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas (heat transfer) adalah proses berpindahnya energi kalor atau panas (heat) karena adanya perbedaan temperatur. Dimana, energi kalor akan berpindah dari temperatur media yang lebih tinggi ke temperatur media yang lebih rendah. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai ada kesetimbangan temperatur yang terjadi pada kedua media tersebut. Proses terjadinya perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.3.1 Perpindahan panas secara konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas yang terjadi pada suatu media padat, atau pada media fluida yang diam. Konduksi terjadi akibat adanya perbedaan temperatur antara permukaan yang satu dengan permukaan yang lain pada media tersebut. Ilustrasi perpindahan panas secara konduksi. Konsep yang ada pada konduksi merupakan suatu aktivitas atomik dan molekuler. Sehingga peristiwa yang terjadi pada konduksi adalah perpindahan energi dari partikel yang lebih energetik (molekul yang lebih berenergi atau bertemperatur tinggi) menuju partikel yang kurang energetik (molekul yang kurang berenergi atau bertemperatur lebih rendah), akibat adanya interaksi antara partikel-partikel tersebut.

Proses perpindahan panas secara konduksi pada steady state melalui dinding datar suatu dimensi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Perpindahan panas konduksi pada bidang datar

Persamaan laju konduksi dikenal dengan hukum Fourier (Fourier Law of

Heat Conduction) tentang $q_{\text{kond}} = -\kappa A \frac{dT}{dx}$ (1)

Dimana :

q_{kond} = Laju perpindahan panas konduksi (W)

k = Konduktivitas thermal bahan (W/m.K)

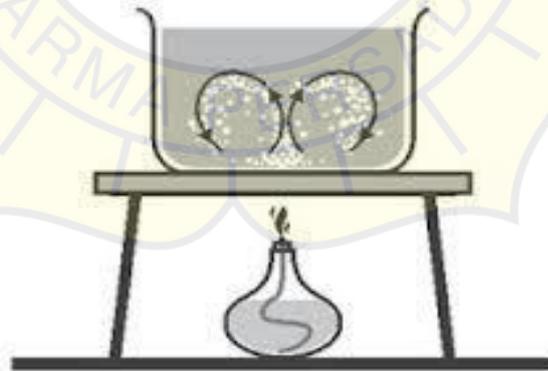
A = Luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran panas (m²)

$\frac{dT}{dx}$ = Gradien temperature pada penampang tersebut (K/m)

Tanda (-) diselipkan agar memenuhi hukum thermodynamika II, yang menyebutkan bahwa, panas dari media bertemperatur lebih tinggi akan bergerak menuju media yang bertemperatur lebih rendah

2.3.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dari suatu permukaan media padat atau fluida yang diam menuju fluida yang mengalir atau bergerak, begitu pula sebaliknya, yang terjadi akibat adanya perbedaan temperatur. Ilustrasi perpindahan panas secara konveksi digambarkan seperti Gambar 2.3



Gambar 2.3 Proses perpindahan panas secara konveksi

Laju perpindahan panas konveksi mengacu pada Hukum Newton tentang pendinginan (Newton's Law of Cooling) (Incopera and De Witt), dimana :

$$q_{konv} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_{\infty}) \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

q_{konv} = Laju perpindahan panas konveksi (W)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m².K)

A_s = Luas permukaan perpindahan panas (m²)

T_s = Temperatur permukaan (K)

T_{∞} = Temperatur fluida (K)

Besarnya radiasi yang di pancarkan oleh permukaan suatu benda nyata

(real) (q_{radg}) adalah :

$$q_{radg} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4 \cdot A \dots\dots\dots(3)$$

Sedangkan, untuk benda hitam sempurna (black body), dengan nilai emisivitas ($\varepsilon = 1$) memancarkan radiasi $q_{rad.b} = T_s^4 \cdot A \dots\dots\dots(4)$

Untuk laju pertukaran panas radiasi keseluruhan, antara permukaan dengan sekelilingnya (surrounding) dengan temperatur sekeliling (T_{sur}), adalah:

$$q_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4) \cdot A \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

q_{rad} = Laju pertukaran panas radiasi (W)

ε = Nilai emisivitas suatu benda ($0 \leq \varepsilon \leq 1$)

σ = Konstanta proporsionalitas, disebut juga konstanta Stefan Boltzmann.

Dengan nilai $5,67 \times 10^{-8}$ (W/m² K⁴)

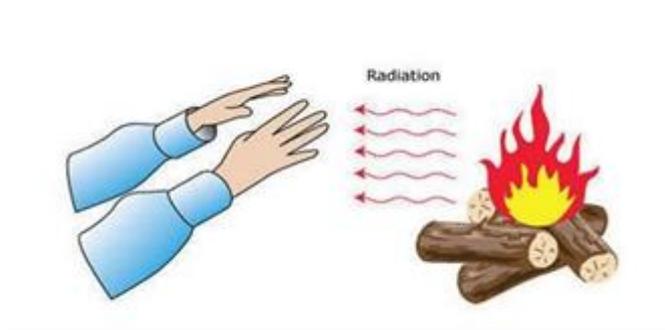
A = Luas bidang permukaan (m²)

T_s = Temperatur (K)

Suatu fluida memiliki temperatur (T) yang bergerak dengan kecepatan (V), diatas permukaan benda padat . Temperatur media padat lebih tinggi dari temperatur fluida, maka akan terjadi perpindahan panas secara konveksi dari benda padat ke fluida yang mengalir.

2.3.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi dapat dikatakan sebagai proses perpindahan panas dari satu media ke media lain akibat perbedaan temperatur tanpa memerlukan media perantara. Peristiwa radiasi akan lebih efektif terjadi pada ruang hampa, berbeda dari perpindahan panas konduksi dan konveksi yang mengharuskan adanya media perpindahan panas. Ilustrasi perpindahan panas secara radiasi digambarkan seperti gambar 2.5



Gambar 2.4 Proses perpindahan panas secara radiasi

Besarnya radiasi yang di pancarkan oleh permukaan suatu benda nyata (real)(q_{radg}) adalah :

$$q_{radg} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4 \cdot A \dots \dots \dots (6)$$

Sedangkan, untuk benda hitam sempurna (black body), dengan nilai emisivitas ($\varepsilon = 1$) memancarkan radiasi $q_{rad.b} = T_s^4 \cdot A \dots \dots \dots (7)$

Untuk laju pertukaran panas radiasi keseluruhan, antara permukaan dengan sekelilingnya (surrounding) dengan temperatur sekeliling (T_{sur}), adalah:

$$q_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4) \cdot A \dots \dots \dots (8)$$

Dimana :

q_{rad} = Laju pertukaran panas radiasi (W)

ε = Nilai emisivitas suatu benda ($0 \leq \varepsilon \leq 1$)

σ = Konstanta proporsionalitas, disebut juga konstanta Stefan Boltzmann.

Dengan nilai $5,67 \times 10^{-8}$ (W/m² K⁴)

A = Luas bidang permukaan (m^2)

T_s = Temperatur (K)

T_∞ = Temperatur fluida (K)

Dalam hal ini semua analisis tentang temperatur dalam pertukaran panas radiasi adalah dalam temperatur mutlak (absolut) yaitu Kelvin (K).

2.4 Kadar air

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (wet basis) atau berdasarkan berat kering (dry basis). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100 persen. (Syarif dan Halid, 1993).

Tabrani (1997), menyatakan bahwa kadar air merupakan pemegang peranan penting, kecuali temperatur maka aktivitas air mempunyai tempat tersendiri dalam proses pembusukan dan ketengikan. Kerusakan bahan makanan pada umumnya merupakan proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatis atau kombinasi antara ketiganya. Berlangsungnya ketiga proses tersebut memerlukan air dimana kini telah diketahui bahwa hanya air bebas yang dapat membantu berlangsungnya proses tersebut.=

Kadar air suatu bahan biasanya dinyatakan dalam persentase berat bahan basah, misalnya dalam gram air untuk setiap 100gr bahan disebut kadar air berat basah. Kadar air basis basah dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

Dimana :

m = Kadar air basis basah (%)

W_m = Berat air dalam bahan (gr)

W_d = berat bahan kering mutlak (gr)

W_t = Berat total = $W_m + W_d$ dalam (gr)

Cara lain untuk menyatakan kadar air adalah kadar air basis kering yaitu : air yang diuapkan dibagi berat bahan setelah pengeringan. Jumlah air yang diuapkan adalah berat bahan sebelum pengeringan dikurangi berat bahan setelah pengeringan dan dinyatakan dalam persamaan berikut:

Dimana :

M = Kadar air basis kering (%)

W_d = Berat air dalam bahan (gr)

m = Berat bahan kering mutlak (gr)

Berat bahan kering adalah berat bahan setelah mengalami pemanasan beberapa waktu tertentu sehingga beratnya tetap (konstan). Pada proses pengeringan air yang terkandung dalam bahan tidak dapat seluruhnya diuapkan. (Kusumah, Herminianto dan Andarwulan, 1989).

2.5 LPG

Kata elpiji berasal dari pelafalan singkatan bahasa Inggris yaitu LPG (Liquified Petroleum Gas, arti secara harfiah yaitu gas minyak bumi yang dicairkan). LPG atau kita sering menyebut gas elpiji berasal dari hasil pengolahan minyak bumi. Di alam ini, minyak bumi (petroleum) ditemukan bersama-sama dengan gas alam (natural gas). Kemudian minyak bumi dipisahkan dari gas alam. Minyak bumi yang telah dipisahkan dari gas alam disebut juga minyak mentah (crude oil). Minyak mentah merupakan campuran yang kompleks dengan komponen utama alkana dan sebagian kecil alkena, alkuna, siklo-alkana, aromatik, dan senyawa anorganik. Meskipun kompleks, untungnya terdapat cara mudah untuk memisahkan komponen-komponennya, yakni berdasarkan perbedaan nilai titik didihnya. Proses ini disebut destilasi bertingkat. Untuk mendapatkan produk akhir sesuai dengan yang diinginkan, maka sebagian hasil dari destilasi bertingkat perlu diolah lebih lanjut melalui proses konversi, pemisahan pengotor dalam fraksi, dan pencampuran fraksi.

Dalam proses destilasi bertingkat, minyak mentah tidak dipisahkan menjadi komponen-komponen murni, melainkan ke dalam fraksi-fraksi, yakni kelompok-kelompok yang mempunyai kisaran titik didih tertentu. Hal ini dikarenakan jenis komponen hidrokarbon begitu banyak dan isomer-isomer hidrokarbon mempunyai titik didih yang berdekatan. Sehingga bisa dikatakan bahwa berdasarkan titik didih inilah minyak mentah mengalami pemisahan menjadi bahan-bahan lainnya. Berdasarkan suhunya, secara berturut-turut dimulai bagian paling bawah, minyak mentah akan terpisah menjadi residu ($>300^{\circ}\text{C}$), minyak berat, yang digunakan sebagai bahan kimia ($150\text{-}300^{\circ}\text{C}$), solar ($105\text{-}150^{\circ}\text{C}$), kerosin ($85\text{-}105^{\circ}\text{C}$),

bensin/gasolin ($50-85^{\circ}\text{C}$), dan gas ($0-50^{\circ}\text{C}$). Bagian terakhir yang berupa gas inilah asal usulnya LPG (tentunya setelah melalui pengolahan lanjutan) yang sehari-hari kita gunakan, salah satunya untuk bahan bakar kompor gas.

2.5.1 Jenis dan Komponen LPG

Menurut Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 25K/36/DDJM/1990 spesifikasi LPG dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu LPG campuran (mixed LPG), LPG Propana (Prophene LPG), dan LPG Butana (Buthene LPG).

LPG yang dipakai untuk bahan bakar kompor gas adalah jenis LPG campuran. LPG ini merupakan salah satu produk yang dipasarkan oleh Pertamina Direktorat Pembekalan Dan Pemasaran Dalam Negeri (Dit. PPDN), dengan merk dagang LPG (Liquid Petroleum Gas). Komponen utama dari LPG adalah Propana (C_3H_8) dan Butana (C_4H_{10}). Disamping itu, LPG juga mengandung senyawa hidrokarbon ringan yang lain dalam jumlah kecil, yaitu Etana (C_2H_6) dan Pentana (C_5H_{12}).

2.5.2 Sifat Sifat LPG

Berikut ini sifat-sifat LPG yang perlu diketahui agar kita bisa menggunakannya dengan aman.

a. Wujud

Gas elpiji yang ada di dalam tabung, wujudnya cair dan sebagian berwujud uap. Namun apabila gas tersebut dikeluarkan dari tabung, wujudnya berubah

menjadi gas. Wujud awal dari LPG adalah gas. Namun di pasaran dijual dalam bentuk cair. Mengapa bisa seperti itu? demikian penjelasannya. Pada dasarnya untuk bahan yang berwujud gas berlaku ketentuan seperti ini: “Wujud gas akan berubah menjadi wujud cair apabila temperatur diperkecil atau tekanannya diperbesar”. Dengan adanya perubahan wujud akibat temperatur dan tekanan, maka volume gas juga berubah. Volume gas yang berwujud cair akan menjadi lebih kecil apabila dibandingkan dengan volume gas ketika masih berwujud gas. Rasio antara volume gas bila menguap dengan gas dalam keadaan cair bervariasi tergantung komposisi, tekanan dan temperatur, tetapi biasanya sekitar 250:1.

Kemampuan gas bisa berubah wujud menjadi cair merupakan kelebihan dari bahan-bahan gas yaitu volumenya bisa menjadi mengecil. Kelebihan ini diaplikasikan terutama untuk menyimpan dan mengirim gas dalam tangki, dimana dengan cara tersebut secara ekonomi sangat menguntungkan.

b. Massa Jenis

Kepadatan massa atau kepadatan material atau massa jenis adalah massa per satuan volume. Simbol yang paling sering digunakan untuk kerapatan ρ (disebut rho). Massa jenis gas yaitu banyaknya massa (kg) dari gas yang mempunyai volume sebesar $1,0 \text{ m}^3$ pada kondisi tertentu (diukur pada suhu 0°C , dan tekanan 1013 mbar / $1,013 \text{ kg/cm}^2$). Massa jenis gas propan adalah $2,004 \text{ kg/m}^3$, gas butan adalah $2,703 \text{ kg/m}^3$, dan udara sebesar $1,293 \text{ kg/m}^3$. Dari sini kita bisa tahu bahwa dengan volume yang sama yaitu $1,0 \text{ m}^3$, massa propan, butan dan udara berbeda-beda. Massa butan lebih besar bila dibandingkan dengan massa propan, massa propan lebih besar daripada massa udara, dan massa kedua gas tersebut (butan dan propan) lebih besar daripada massa udara. Pengetahuan tentang massa jenis ini penting

untuk memahami perilaku gas bila gas tersebut terlepas di udara bebas, apakah gas tersebut naik ke atas atau turun ke bawah (dan akan berada di atas permukaan tanah).

c. Specific Gravity

Specific gravity adalah perbandingan antara massa jenis fluida (fluid density) dengan massa jenis fluida tertentu (specified reference density). Yang digunakan sebagai fluida pembanding bisa berbeda-beda. Misalnya untuk cairan, maka sebagai fluida pembandingnya (reference density) adalah air pada suhu 4°C. Sedangkan untuk gas, sebagai fluida pembandingnya adalah udara (biasanya pada suhu 20°C). Specific gravity merupakan sebuah perbandingan, sehingga specific gravity tidak mempunyai satuan. Meskipun pengertiannya tidak sama persis (tetapi pada dasarnya adalah sama), ada yang menterjemahkan specific gravity dengan massa jenis relatif (relative density). Selanjutnya dalam tulisan ini untuk menyebut istilah specific gravity kita gunakan istilah massa jenis relatif.

Massa jenis relatif gas adalah perbandingan antara massa jenis gas dengan massa jenis udara (udara luar atau udara bebas). Massa jenis relatif udara adalah 1. Angka ini didapat dari massa jenis udara dibandingkan dengan massa jenis udara itu sendiri, yaitu $1,293 \text{ kg/m}^3 : 1,293 \text{ kg/m}^3$ sama dengan 1. Dengan cara yang sama kita bisa menghitung massa jenis relatif dari propan yaitu $2,004 \text{ kg/m}^3 : 1,293 \text{ kg/m}^3$ sama dengan 1,55 dan massa jenis relatif dari butan adalah sebesar 2,09. Apabila massa jenis relatif dari suatu gas lebih kecil daripada 1, maka gas tersebut akan naik ke udara. Namun apabila massa jenis relatifnya lebih kecil dari 1, maka gas tersebut akan turun ke tanah (mencari/mengalir ke tempat yang lebih rendah).

Dengan mengetahui bahwa massa jenis relatif gas propan dan butan lebih besar dari udara, maka apabila kita menyimpan LPG harus memberi ventilasi yang diletakkan rata dengan tanah/lantai (bila memungkinkan) atau dinaikkan sedikit. Hal ini dimaksudkan apabila ada kebocoran LPG, gas tersebut bisa cepat keluar dan bercampur dengan udara bebas. Di samping itu, dengan alasan yang sama seperti dia atas, kita jangan menyimpan tabung LPG di ruangan bawah tanah.

d. Temperatur Nyala (Ignition Temperature)

Temperatur nyala dari bahan bakar gas pada umumnya antara 450°C sampai dengan 650°C . Dengan temperatur seperti itu, gas yang diletakkan di udara bebas akan menjadi panas dan akan terjadi pembakaran. Temperatur nyala untuk propan adalah 510°C , sedangkan butan adalah 460°C . Dari data ini kita bisa tahu bahwa apabila ada LPG yang terlepas atau bocor dari tabung gas ke udara bebas, gas tersebut tidak akan terbakar dengan sendirinya. Karena temperatur udara bebas biasanya sekitar 27°C . Untuk menimbulkan nyala pada peralatan yang menggunakan bahan bakar gas, misalnya kompor gas, kita menggunakan alat penyalu atau api penyalu. Apabila temperatur udara bebas ini minimal sama dengan temperatur nyala, maka gas tersebut berada dalam kondisi *autoignition temperature* yaitu temperatur terendah dimana bahan akan terbakar dengan sendirinya tanpa diberi sumber nyala.

e. Batas Nyala (Flammable Range)

Batas nyala (Flammable Range) atau disebut juga batas meledak (Explosive Range) adalah perbandingan campuran (dalam bentuk prosentase) antara gas dengan udara, dimana pada batas tersebut dapat terjadi nyala api atau ledakan.

Untuk bisa terjadi nyala api atau ledakan, besarnya perbandingan antara uap gas dan udara tidak memiliki nilai (angka) yang tunggal, tetapi merupakan nilai-nilai yang mempunyai batas bawah dan batas atas. Jadi apabila terjadi campuran antara gas dan udara dalam rentang nilai bawah dan nilai atas, maka akan terjadi nyala api atau ledakan. Nilai batas nyala bawah disebut juga Lower Explosive Limit (LEL) yaitu batas minimal konsentrasi uap bahan bakar di udara dimana bila ada sumber api, gas tersebut akan terbakar. Sedangkan nilai batas atas atau Upper Explosive Limit (UEL) yaitu batas konsentrasi maksimal uap bahan bakar di udara dimana bila ada sumber api, gas tersebut akan terbakar. Batas nyala (Flammable Range) untuk propan adalah antara 2,4% sampai dengan 9,6% dan butan antara 1,9% sampai dengan 8,6%. Ini artinya bahwa misalnya terjadi campuran 2,4% propan dengan 97,6% udara, maka campuran tersebut akan dapat menyala, tetapi jumlah gas propan ini merupakan jumlah yang minimal. Apabila jumlah propan kurang dari 2,4%, maka tidak akan terjadi nyala. Demikian sebaliknya, apabila jumlah propan lebih dari 9,6% juga tidak akan terjadi nyala. Sebagai contoh terjadi campuran 15% propan dan 85% udara, maka tidak akan terjadi nyala. Jadi kesimpulannya bahwa meskipun ada sumber api tetapi karena perbandingan campuran antara propan dengan udara di bawah atau di atas batas nyala (Flammable Range) , maka tidak akan terjadi pembakaran.

Dengan mengetahui batas nyala (flammable range) dari gas, kita bisa mencegah dan mengantisipasi bahaya dari LPG (elpiji) tersebut. Dengan mengetahui bahwa gas akan terbakar apabila mempunyai campuran dengan udara dengan perbandingan tertentu, maka apabila ada gas yang bocor, salah satu tindakan sederhana yang bisa dilakukan adalah dengan membuka pintu atau jendela atau

berusaha mengipas-ngipas gas tersebut agar keluar ruangan. Hal ini dimaksudkan gas tersebut komposisi campurannya kurang dari 1,9% (untuk gas propan). Dengan demikian gas tersebut tidak bisa terbakar, meskipun ada sumber api

