



BAB II

DASAR TEORI

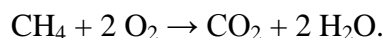
2.1. Inverse Diffusion Flame

Invers diffusion flame (IDF) adalah sejenis nyala api difusi dengan jet udara dalam yang dikelilingi oleh jet bahan bakar luar baik dalam kondisi terbatas atau tanpa batas dan tidak menunjukkan flashback, pemuatan jelaga lebih sedikit dari nyala api difusi normal (NDF), NO_x rendah dan memiliki berbagai tingkat yang mudah terbakar. Konfigurasi IDF dipilih karena muatan jelaga yang lebih rendah dan penyedotan sampel-sampel minimum dibandingkan dengan NDF. Struktur nyala api difusi inverse laminer (IDF) dipelajari untuk mendapatkan wawasan tentang pembentukan jelaga dan pertumbuhan di bawah pembakaran berventilasi. Nyala api difusi (IDF) mirip dengan api difusi normal (NDF), hanya saja posisi relatif dari bahan bakar dan oksidator yang ditukarkan.

2.2. Definisi pembakaran

Pembakaran adalah proses oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar dan oksidator dengan menimbulkan nyala dan panas. Bahan bakar merupakan substansi yang melepaskan panas ketika dioksidasi dan secara umum mengandung karbon, hidrogen, oksigen dan sulfur. Sementara oksidator adalah segala substansi yang mengandung oksigen yang akan bereaksi dengan bahan bakar (Mahandri, 2010).

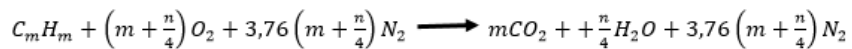
Reaksi pembakaran sempurna terjadi ketika bahan bakar bereaksi secara cepat dengan oksigen (O₂) dan menghasilkan karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O). Persamaan umum untuk reaksi pembakaran sempurna adalah



Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, suatu proses pembakaran akan terjadi jika unsur-unsur bahan bakar teroksidasi.



Proses ini akan menghasilkan panas sehingga akan disebut sebagai proses oksidasi eksotermis. Jika oksigen yang dibutuhkan untuk proses pembakaran diperoleh dari udara, di mana udara terdiri dari 21% oksigen dan 78% nitrogen, maka reaksi stoikiometri pembakaran hidrokarbon murni dapat ditulis C_mH_n dapat ditulis persamaan:



Persamaan ini telah disederhanakan karena cukup sulit untuk memastikan proses pembakaran yang sempurna dengan rasio ekivalen yang tepat dari udara. Jika terjadi pembakaran tidak sempurna, maka hasil perasamaan di atas CO_2 dan H_2O tidak akan terjadi, akan tetapi terbentuk hasil oksidasi parsial berupa CO , CO_2 , dan H_2O .

Pada temperatur yang sangat tinggi gas-gas pecah menjadi gas-gas yang tak sederhana, dan molekul-molekul dari gas dasar akan terpecah menjadi atom-atom yang membutuhkan panas dan menyebabkan kenaikan temperatur. Reaksi akan bersifat endotermik dan disosiasi tergantung pada temperatur dan waktu kontak.

2.3. Bahan bakar gas

Bahan Bakar Gas dapat diklasifikasikan atas gas alam (natural gas) maupun gas buatan (manufactured gas). Biasanya gas alam dijumpai pada deposit minyak dan batubara. Gas alam sebagian besar merupakan campuran dari senyawa hidrokarbon dengan sedikit jumlah materi nonhidrokarbon yang berfase gas. Sebagai bahan bakar, gas alam sangat ideal karena umumnya bebas dari residu padat. Pada saat dibakar umumnya menghasilkan nyala berwarna biru dan sangat mudah terbakar jika tercampur udara pada komposisi yang tepat. Komposisi gas alam sebagian besar terdiri dari metana (CH_4) dan sejumlah sedikit etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), butana (C_4H_{10}) serta Pentana (C_5H_{12}). Bahan bakar gas buatan banyak diproduksi melalui proses gasifikasi atau karbonisasi bahan bakar padat (terutama batubara), dan beberapa proses lainnya. Kadang-kadang gas-gas ini diberi perlakuan tertentu



untuk meningkatkan nilai kalornya. Jenis bahan bakar gas buatan meliputi Liquified Petroleum Gas (LPG), refinery oil gas, producer gas, water gas, blast furnace gas, wood gas, peat gas, coal gas, coke oven gas dan bio gas. Liquified Petroleum Gas (LPG), merupakan gas hasil produksi dari kilang BBM dan Kilang Gas, yang komponen utamanya adalah gas propana dan butana kurang lebih 97% dan sisanya adalah gas pentana yang dicairkan. LPG lebih berat dari udara dengan berat jenis sekitar 2.01 (dibandingkan dengan udara), tekanan uap LPG cair dalam tabung sekitar 5.0 – 6.2 Kg/cm². LPG pada dasarnya tidak berwarna dan tidak berbau, namun LPG komersial biasanya ditambah dengan zat yang disebut etil merkaptan untuk memberikan bau yang khas dengan tujuan untuk keselamatan, supaya apabila ada kebocoran gas mudah diketahui dengan cepat. LPG berwujud uap pada suhu dan tekanan kamar tetapi dapat dicairkan dengan mengkompresinya dengan tekanan tertentu. Bila LPG dicairkan, volume menjadi turun. LPG komersial terdiri dari campuran propana dan butana dengan perbandingan sekitar 60:40 (rasio perkiraan massa).

Sifat-sifat LPG dapat dilihat dari sifat-sifat komponen utama penyusunnya yaitu propana dan butana. Berikut ini adalah deskripsi dari sifat fisik dari LPG.

1. Densitas Densitas LPG didefinisikan sebagai massa per satuan volume (kg / l) pada suhu tertentu. LPG Cair memiliki densitas sekitar 0,54 kg / l pada 15 0 C atau sekitar setengah berat air. Uap LPG memiliki densitas sekitar 1,9 kali dari udara.
2. Nilai kalor (CV) Jumlah panas yang dibebaskan oleh pembakaran suatu zat dikenal sebagai nilai kalor atau CV. Hal ini biasanya dinyatakan dalam megajoule per kg (MJ / kg). CV untuk LPG adalah 49,6 MJ / kg
3. Tingkat Ekspansi Termal Tingkat ekspansi termal LPG cair adalah sekitar 10 kali dari air. Ketika katup dari LPG dibuka, tekanan dalam silinder berkurang dan



cairan mulai menguap (mendidih) pada tekanan rendah. Penguapan ini menyebabkan terjadi pendinginan dan temperatur gas akan menurun. Jika laju penguapan gas terlalu tinggi, temperatur gas akan menurun hingga di bawah 0 °C dan es akan mulai terbentuk pada dinding luar yang lebih rendah dari silinder.

4. Tekanan uap Satu liter LPG cair akan cepat dan benar-benar menguap saat terkena tekanan atmosfer (100 kPa) untuk membentuk sekitar 275 liter uap pada 15 °C. dalam silinder tertutup yang berisi beberapa LPG cair, jumlah yang relatif kecil akan menguap dalam volume terbatas silinder, untuk menghasilkan tekanan silinder sekitar 250 kPa pada 0 °C. Tekanan silinder tertutup ini adalah sama dengan tekanan uap, dan tekanan itu meningkat secara dramatis sampai 500 kPa pada suhu 20 °C dan 1550 kPa pada 60 °C. Sebuah kebocoran cairan jauh lebih serius daripada kebocoran gas karena terbentuk volume tinggi gas. Inilah sebabnya mengapa tabung harus selalu disimpan, diangkut dan digunakan dalam posisi tegak. Kebocoran gas dalam udara akan membentuk campuran mudah terbakar sekitar 10000 liter dari satu liter LPG cair.

2.4. Campuran Udara Bahan Bakar

Dalam suatu proses pembakaran beberapa hal penting yang perlu diperhatikan antara lain bahan bakar, udara (oksigen), kalor, dan reaksi kimia. Selain itu, perbandingan campuran bahan bakar dan udara memegang peranan yang penting pula dalam menentukan hasil proses pembakaran itu sendiri yang secara langsung mempengaruhi reaksi pembakaran yang terjadi serta hasil keluaran (produk) proses pembakaran.



2.4.1. Rasio Udara - Bahan Bakar (*Air Fuel Ratio*)

Metode ini paling sering digunakan dalam mendefinisikan campuran dan merupakan perbandingan antara massa dari udara dengan bahan bakar pada suatu titik tinjau. Secara simbol, AFR dihitung sebagai:

$$AFR = \frac{M_a}{M_f} = \frac{M_a N_a}{M_f N_f} \dots\dots\dots(2.1)$$

Jika nilai aktual lebih besar dari nilai AFR, maka terdapat udara yang jumlahnya lebih banyak dari pada yang dibutuhkan system dalam proses pembakaran dan dikatakan miskin bahan bakar dan jika nilai aktual lebih kecil dari AFR stoikiometri maka tidak cukup terdapat udara pada system dan dikatakan kaya bahan bakar.

2.4.2. Rasio Bahan Bakar – Udara (*Fuel Air Ratio*)

Rasio bahan bakar – udara merupakan kebalikan dari AFR yang dirumuskan sebagai berikut:

$$FAR = \frac{m_f}{m_a} = \frac{M_f N_f}{M_a N_a} \dots\dots\dots(2.2)$$

2.4.3. Rasio Ekuivalen (*Equivalent Ratio, Φ*)

Metode ini termasuk juga metode yang umum digunakan, Rasio ekuivalen didefinisikan sebagai perbandingan antara rasio udara – bahan bakar (AFR) stoikiometrik dengan rasio udara – bahan bakar (AFR) actual atau juga sebagai perbandingan antara rasio bahan bakar – udara (FAR) actual dengan rasio bahan bakar – udara (FAR) stoikiometrik.

$$\Phi = \frac{AFR_s}{AFR_a} = \frac{FAR_a}{FAR_s} \dots\dots\dots(2.3)$$



- $\Phi > 1$ terdapat kelebihan bahan bakar dan campurannya disebut sebagai campuran kaya bahan bakar (fuel rich mixture)
- $\Phi < 1$ campurannya disebut sebagai campuran miskin bahan bakar (fuel-lean mixture)
- $\Phi = 1$ merupakan campuran stoikiometrik (pembakaran sempurna).

2.5 Perpindahan panas

Adalah salah satu dari disiplin ilmu teknik termal yang mempelajari cara menghasilkan panas, menggunakan panas, mengubah panas, dan menukarkan panas di antara sistem fisik. Perpindahan panas diklasifikasikan menjadi konduktivitas termal, konveksi termal, radiasi termal, dan perpindahan panas melalui perubahan fasa.



2.5.1 Radiasi

Radiasi termal adalah energi yang diemisikan oleh suatu benda yang berada pada temperatur hingga energi radiasi dapat diemisikan dari permukaan benda padat, cair, maupun gas. Emisi radiasi dapat diketahui dengan adanya perubahan dalam konfigurasi elektron dan atom atau molekul. Lebih lanjut energi dan medan radiasi ditransportasikan oleh gelombang elektromagnetik yang berasal dari energi dalam material yang memancar, perbedaan utama antara perpindahan panas radiasi dengan perpindahan panas konduksi dan perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media material. Adapun radiasi thermal dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{0-10} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot (T_s^4 - T_{\infty}^4) \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

ε = Emisivitas gas panas (black body)

σ = Konstanta Boltzmann ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

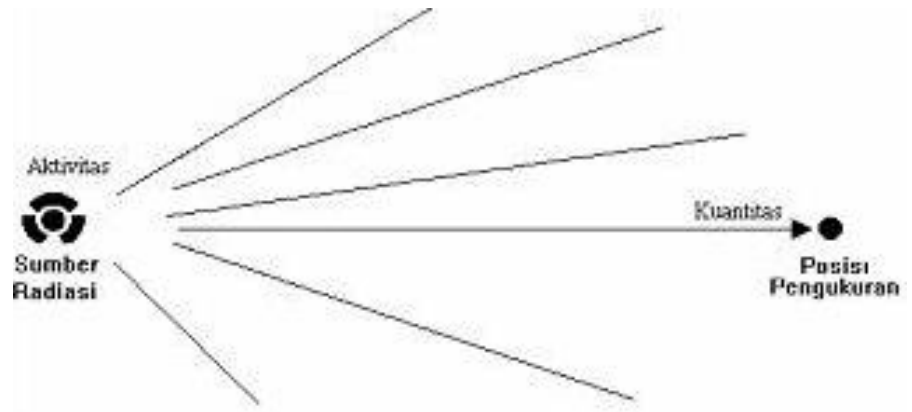
A_s = Luas selimut terpancung (m^2)

T_s = Temperatur permukaan selimut kerucut terpancung ($^{\circ}\text{K}$)

T_{∞} = Temperatur sekeliling ($^{\circ}\text{K}$)

2.5.2 Kuantitas Radiasi

Kuantitas radiasi adalah persatuan waktu persatuan luas, pada suatu titik pengukuran. Kuantitas radiasi ini berbanding lurus dengan waktu aktifitas sumber dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak (r) antara sumber dan sistem pengukur.

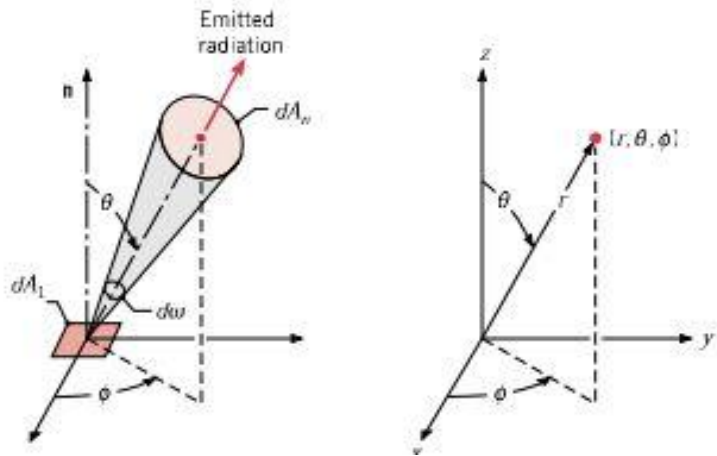


Gambar 2.1 kuantitas radiasi

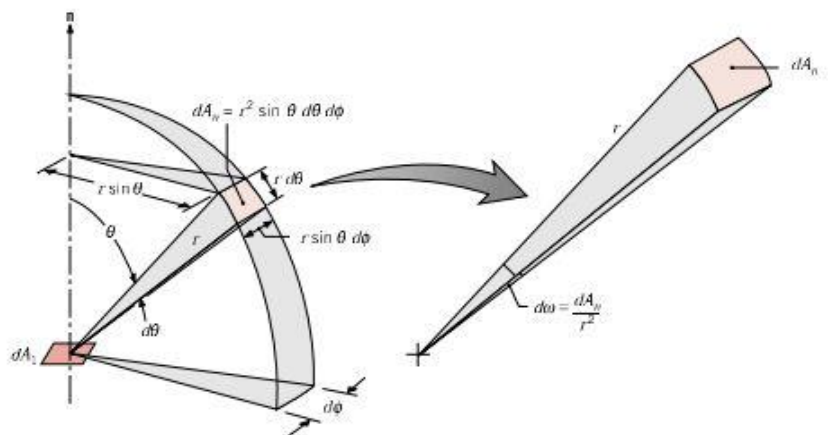
Gambar diatas menunjukkan bahwa jumlah radiasi yang mencapai titik pengukuran (kuantitas radiasi) merupakan hanya sebagian saja dari semua radiasi yang dipancarkan oleh sumber.

2.5.3 Intentitas Radiasi

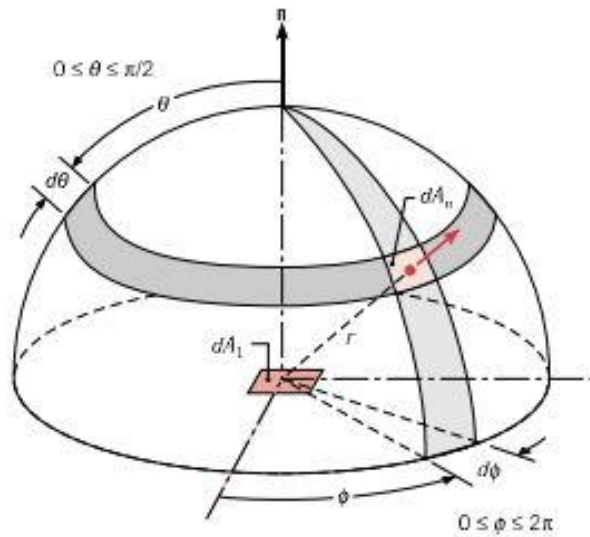
Radiasi di emisikan oleh sebuah permukaan ke segala arah, distribusi arah ini menjadi hal yang sangat menarik untuk diketahui. Demikian juga radiasi yang menimpa suatu permukaan mungkin datang dari arah yang berlawanan dan cara permukaan merespon radiasi ini tergantung pada arahnya. Efek dari arah inilah yang mendasari konsep intensitas radiasi



Gambar 2.2. Arah radiasi neutral



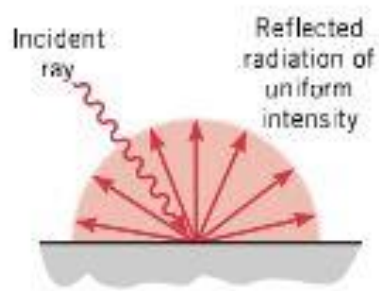
Gambar 2.3. Sudut solid yang ditimbulkan oleh dA_1 pada sebuah titik dA_2 dalam sebuah koordinat bola.



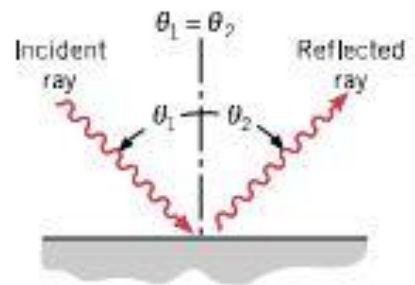
Gambar 2.4. Emisi dari elemen luasan kecil dA_2 ke bidang hypothetical hemisphere yang berpusat di dA_1

2.5.4 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 adalah *reflektivitas* ρ , fraksi yang diserap *absorptivitas* α , fraksi yang diteruskan *transmisivitas* r . Ada dua fenomena refleksi yang dapat diamati bila radiasi menimpa suatu permukaan. Jika sudut jatuhnya sama dengan sudut refleksi, maka dikatakan refleksi itu spekular (*specular*). Dilain pihak apabila berkas yang jatuh itu tersebar secara merata ke segala arah sesudah refleksi, maka refleksi itu disebut difusi atau baur (*diffuse*), kedua jenis refleksi ini digambarkan dalam gambar berikut :



(a) *spekular*



(b) *refleksi difusi*

Gambar 2.5 *Spekular & refleksi difusi*