

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya mengenai fenomena pembakaran yang dilakukan oleh Hartman (1931) mengenai pengaruh perbandingan campuran udara dengan bahan bakar terhadap penyalaan. Hasil penelitian menyatakan bahwa untuk bahan bakar hidrokarbon nilai optimal dari kecepatan api terjadi pada campuran stokiometri atau campuran yang mendekati kaya bahan bakar.

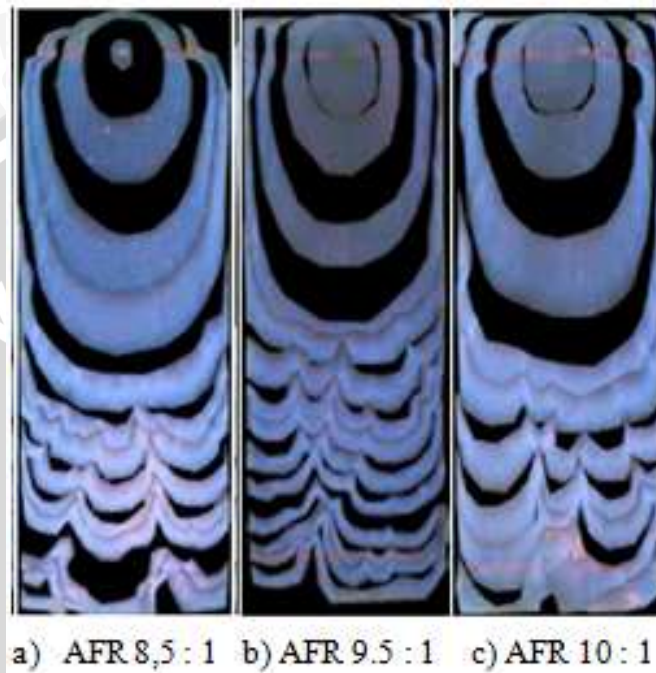
Ronney (1996) yang mengamati tentang cepat rambat api dan pengaruh gaya apung pada *hele – shaw cell* baik secara horizontal maupun vertikal pada titik nyala atas dan bawah. Pada penelitian ini digunakan ruang bakar dengan ukuran 60 cm x 40 cm x 1.27 cm dengan menggunakan  $\text{CH}_4$  dan  $\text{C}_3\text{H}_8$  sebagai bahan bakar, sedangkan  $\text{N}_2$  dan  $\text{CO}_2$  digunakan sebagai penghambat dalam reaksi pembakaran tersebut. Sehingga didapatkan hasil panjang gelombang berbanding terbalik seiring dengan penambahan  $\text{N}_2$  dan  $\text{CO}_2$ .

Mado (2003) melakukan penelitian mengenai tentang pengaruh perbandingan campuran udara dengan bahan bakar Liquefied Petroleum Gas (LPG) terhadap kecepatan rambat api. Dari penelitian ini didapat stokiometri untuk LPG adalah pada *Air Fuel Ratio* (AFR) 20 : 1 dan 21 : 1 menghasilkan kecepatan rambat api maksimum.

Ilminnafik (2010) melakukan penelitian mengenai pengaruh karbondioksida pada kecepatan pembakaran dari refrigeran hidrokarbon, hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan inhibitor berupa karbondioksida mempengaruhi kecepatan pembakaran. Hal ini disebabkan adanya  $\text{CO}_2$  sebagai inhibitor pada campuran LPG dan udara akan menghalangi terjadinya tumbukan antara molekul LPG dan molekul udara sehingga reaksi pembakaran tertunda. Penambahan  $\text{CO}_2$  sebesar 20% dan 50% mempengaruhi rambatan api. Perhitungan stokiometri menunjukkan bahwa dengan penambahan  $\text{CO}_2$  tidak berpengaruh terhadap kesetimbangan reaksi akan tetapi perubahan hanya terjadi pada penambahan jumlah produk  $\text{CO}_2$  seiring meningkatnya  $\text{CO}_2$  pada reaktan. Hal ini menunjukkan bahwa  $\text{CO}_2$  merupakan senyawa yang stabil yang tidak terurai pada saat reaksi pembakaran berlangsung karena  $\text{CO}_2$  merupakan inhibitor pada campuran bahan bakar dan udara.

Penelitian yang dilakukan oleh Uwar (2012) mengenai pengaruh AFR dengan penambahan  $\text{CO}_2$  terlambat laju rambat api dengan menggunakan bahan bakar gas  $\text{CH}_4$ .

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembakaran  $\text{CH}_4$  tanpa  $\text{CO}_2$  api berwarna biru sedangkan dengan penambahan  $\text{CO}_2$  warna api berwarna kuning kemerah-merahan hal ini menunjukkan pembakaran yang tidak sempurna. Pola rambat api pada campuran  $\text{CH}_4$  dengan  $\text{CO}_2$  pada campuran 10%, 20%, dan 30% pada AFR 8,5 : 1 pada penyalaan atas dan bawah rambatan api merenggang, lalu pada AFR 9,5 : 1 dan 10 : 1 pada penyalaan atas dan bawah laju rambat apinya juga merenggang, seperti gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pola rambatan api pada AFR 8,5 : 1 ; 9,5 : 1 dan 10 : 1  
Sumber : uwar, 2012

## 2.2 Pembakaran

Pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara oksigen dan bahan bakar yang diberi energi aktivasi lalu menghasilkan kalor dan cahaya (Wardana, 2008:3), yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Pembakaran spontan adalah pembakaran dimana bahan mengalami oksidasi perlahan-lahan sehingga kalor yang dihasilkan tidak dilepaskan, akan tetapi dipakai untuk menaikkan suhu bahan secara pelan-pelan sampai mencapai suhu nyala. Pembakaran sempurna adalah pembakaran dimana semua konstituen yang dapat terbakar di dalam bahan bakar membentuk gas  $\text{CO}_2$ , air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), dan gas  $\text{SO}_2$ , sehingga tak ada lagi bahan yang dapat terbakar tersisa.





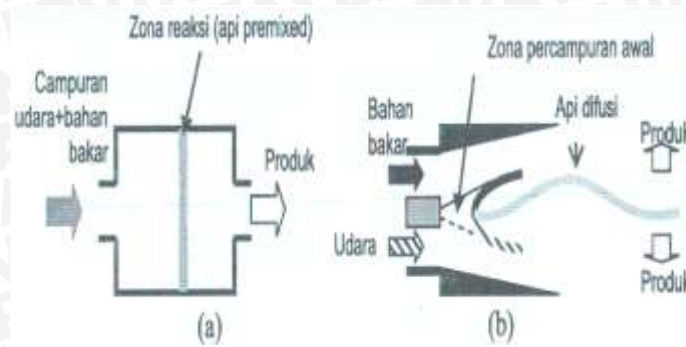
Gambar 2.2 Ilustrasi proses pembakaran  
Sumber : Wardana (2008)

### 2.2.1 Pembakaran *Pemixed* dan Difusi

Pembakaran adalah reaksi bahan bakar dari pengoksidasi (oksigen/udara), yang menghasilkan panas. Pembakaran bisa terjadi kalau memenuhi syarat-syarat : Kesetimbangan *massa* (*siochimetry*), kesetimbangan termodinamika dan kinetik Wardana (2008). Pembakaran diklasifikasikan menjadi dua yaitu : pembakaran mekanik atau pembakaran *premixed* dan pembakaran natural atau pembakaran difusi.

Pembakaran umumnya ditentukan oleh tiga karakter, karakter yang pertama ditentukan cara reaktan terbakar didalam zona reaksi. Karakter kedua ditentukan oleh perilaku aliran aerodinamika dan karakter yang ketiga ditentukan oleh keadaan fisik awal dari bahan bakar, apakah terbentuk padat, cair atau gas. Pada karakter pertama jika reaktan (bahan bakar dan udara) bercampur sebelum masuk ke zona reaksi maka pembakaran tersebut adalah pembakaran *premixed*. Sedangkan apabila reaktan tidak tercampur sebelum terbakar maka pembakaran ini termasuk pembakaran difusi karena pencampuran bahan bakar dan udara yang berlangsung di zona reaksi adalah akibat difusi molekul seperti terlihat pada gambar 2.3 dimana gambar tersebut memberikan ilustrasi pembakaran *premixed* dan pembakaran secara difusi.

Pada pembakaran *premixed* terjadi perambatan gelombang pembakaran yang disebut dengan *flame front*. Gelombang pembakaran merambat ke arah reaktan dibelakang gelombang pembakaran terbentuk produk pembakaran. Pada Gambar 2.3 a reaktan (bahan bakar dan udara) bercampur sebelum masuk ke zona reaksi. Proses reaksinya berlangsung sangat cepat biasanya pada tekanan tetap. Setelah melewati zona reaksi reaktan menjadi produk. Zona reaksi sangat tipis yang disebut api *premixed*. Api *premixed* akan merambat menuju kearah reaktan dengan kecepatan unik. Jika kecepatan reaktan sama dengan kecepatan rambatan api maka api (zona reaksi) akan stasioner.



Gambar 2.3 Cara reaktan terbakar (a) pembakaran *premixed*; (b) pembakaran difusi  
Sumber : Wardana (2008)

Sedangkan gambar 2.3 b merupakan pembakaran difusi, dimana bahan bakar dan udara masuk ke dalam ruang bakar melalui saluran yang berbeda dan keluar dalam bentuk produk setelah terbakar di zona reaksi. Bahan bakar dan udara bercampur di zona reaksi akibat difusi molekul dan setelah bercampur sempurna kemudian langsung terbakar. Sebelum api difusi terbentuk terlebih dahulu bahan bakar dan udara bercampur didaerah pencampuran awal dan terbakar membentuk api *premix* sebagian. Api *premix* pada sisi udara menjadi api kaya udara atau api miskin bahan bakar, peran api *premix* sebagai penyetabil api difusi. Api difusi tidak bisa merambat menuju ke bahan bakar karena kekurangan oksigen demikian juga sebaliknya tidak bisa merambat ke udara karena kekurangan bahan bakar.

Karakter yang kedua saat reaktan melintasi zona reaksi yakni apabila alirannya laminar dan turbulen. Pada pembakaran *premix* laminar semua proses pencampuran dan proses penjarangan reaktan maupun panas terjadi secara molekuler sedangkan pada pembakaran *premix* turbulen semua proses pencampuran dan proses perambatan dibantu oleh gerakan-gerakan pusaran aliran turbulen. Karakter yang ketiga ditentukan pada kondisi awal dari bahan bakar. Dalam gelombang pembakaran terdapat dua zona, yaitu :

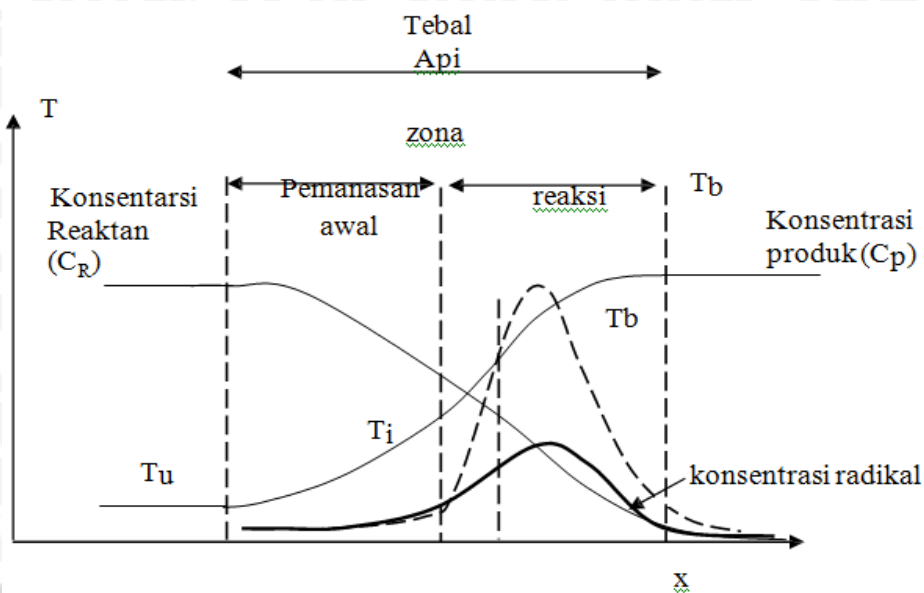
1. Zona pemanasan awal (*preheat zona*)

Daerah dimana sedikit panas dilupakan dan masih banyak bahan bakar yang belum terbakar (*unburn fuel*).

2. Zona reaksi (*reaction zona*)

Daerah dimana sebagian besar energi kimia dilepaskan.





Gambar 2.4 Detail struktur didalam api *premixed*  
Sumber : Wardana (2008)

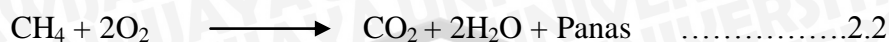
Distribusi konsentrasi reaktan, konsentrasi produk, konsentrasi radikal, temperatur dan kecepatan gas seperti terlihat pada Gambar 2.4. Radikal akan selalu muncul pada zona reaksi sebagai konsekuensi dari reaksi tersebut. Dalam api terjadi gradien temperatur, dimana temperatur produk lebih tinggi dari temperatur reaktan. Oleh karena itu berdasarkan hukum termodinamika maka akan terjadi transfer panas dari produk ke reaktan. Transfer panas yang terus menerus tersebut akan meningkatkan temperatur reaktan. Jika temperatur reaktan meningkat maka daerah pemanasan awal akan bergeser ke kiri, sedangkan zona yang terjadi menjadi zona pemanasan awal temperaturnya akan lebih tinggi sehingga terjadi pembakaran. Peristiwa ini terjadi secara kontinyu sehingga api merambat ke arah reaktan. laju rambatan api tersebut disebut laju pembakaran. Laju pembakaran dalam pembakaran *premixed* biasanya di beri notasi  $SL$ .

### 2.2.2 Pembakaran Stokiometri

Pembakaran stoikiometri adalah pembakaran dimana semua atom dari pengoksidasian beraksi secara kimia untuk menjadi produk, pengoksidasian yang paling lazim adalah campuran 21% udara dan 79 % nitrogen (fraksi mol atau volume). Jadi persamaan kimia dari pembakaran stoikiometri dari metana ( $CH_4$ ) dengan udara adalah sebagai berikut :



Pada reaksi pembakaran yang sempurna, senyawa bahan bakar bereaksi dengan pengoksidasi, dan produknya bagian dari elemen bahan bakar dan pengoksidasi, seperti contoh berikut :



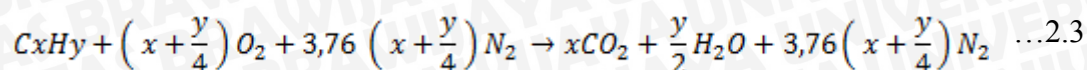
Pada kondisi yang umum udara yang dipakai untuk mengoksidasi bahan bakar pada kenyataannya mengandung Oksigen ( $\text{O}_2$ ), Nitrogen ( $\text{N}_2$ ), Argon (Ar), Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), Uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan sejumlah gas dalam bagian yang cukup kecil. Udara yang normal merupakan campuran gas-gas meliputi 78 %  $\text{N}_2$ ; 20 %  $\text{O}_2$ ; 0,94 % Ar ; 0,03 %  $\text{CO}_2$  sedangkan gas-gas lainnya sangat kecil konsentrasinya. Komposisi udara kering yang bersih, dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Komposisi Udara kering

Udara	Proporsi Volume %		Proporsi masa %	
	Aktual	Penggunaan	Aktual	Penggunaan
Nitrogen	78,03	79	75,45	76,8
Oksigen	20,99	21	23,20	23,2
Argon	0,94	0	1,30	0
$\text{CO}_2$	0,03	0	0,05	0
Gas lainnya	0,01	0	-	0

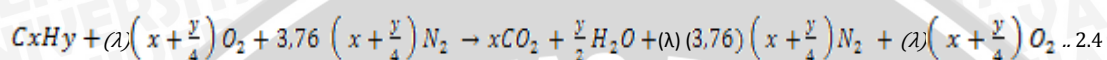
Sumber : Wardana (2008)

Agar lebih memudahkan perhitungan dalam reaksi pembakaran, dapat dipakai asumsi udara terdiri 21 %  $\text{O}_2$  dan 79%  $\text{N}_2$ . Oleh karena itu, pada reaksi pembakaran dengan udara, penggunaan 1 mol  $\text{O}_2$  akan melibatkan penggunaa 3,76 mol  $\text{N}_2$  . Untuk dapat mencapai pembakaran yang sempurna. Semua atom C diharapkan dapat terbakar menjadi  $\text{CO}_2$  dan semua atom  $\text{H}_2$  dapat terbakar menjadi  $\text{H}_2\text{O}$ . Reaksi pembakaran sempurna antara bahan bakar ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ) secara matematis dituliskan:





Pada persamaan diatas digunakan jumlah udara minimum yang biasa disebut dengan udara stoikiometri. Akan tetapi, dalam kondisi aktual pembakaran sempurna hampir tidak terjadi karena pembakaran berlangsung secara kompleks. Tidak hanya tergantung pada model ruang bakarnya tetapi juga tergantung kondisi dari bahan bakar, udara, bahkan temperatur pembakarannya. Salah satu cara memperbesar kemungkinan terjadinya pembakaran sempurna adalah dengan mempergunakan jumlah udara berlebih (*excess air*). Apabila digunakan udara pembakaran sebanyak  $\lambda x$  jumlah udara *stoichiometry*, persamaan reaksinya akan menjadi :



dengan :

$\lambda$  = faktor kelebihan udara

$\lambda$  = 1 apabila dipergunakan udara *stoichiometry*

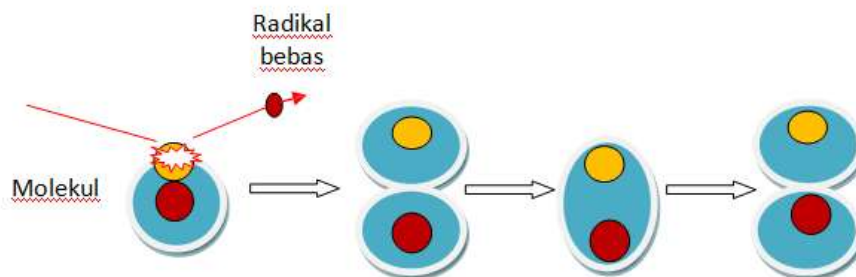
$\lambda > 1$  apabila dipergunakan udara berlebih

$\lambda < 1$  apabila kekurangan udara

### 2.3 Reaksi Kimia Pada Proses Pembakaran

Pada proses pembakaran terjadi berbagai rangkaian reaksi kimia yang kompleks antara bahan bakar dan pengoksidasi. Kondisi dimana pembakaran yang sempurna dicapai disebut dengan stoikiometri, yang mana produk pembakarannya untuk bahan bakar hidrokarbon adalah  $CO_2$ ,  $H_2O$ , dan  $N_2$  maka pembakaran yang stoikiometri, dapat dikatakan pembakaran yang mana semua atom dari bahan bakar dan pengoksidasi bereaksi secara lengkap (sempurna) untuk menghasilkan berbagai produk yang disebutkan diatas.

Agar reaksi pembakaran bisa berlangsung maka molekul - molekul bahan bakar dibuat bermuatan dengan cara melepaskan satu atau beberapa elektron dari kulit terluar atom atau memutus ikatan rantai molekul. Radikal bebas jika menghantam (menumbuk) molekul lain dapat menyebabkan jarak ikatan molekul tersebut merenggang dan mengerut secara periodik seperti terlihat pada Gambar 2.4. Dengan tambahan sedikit energi dari luar pada saat jarak ikatan atom dalam keadaan merenggang dapat menyebabkan atom-atom dalam molekul terputus dan bermuatan. Jadi radikal bebas sangat berperan membantu proses reaksi di dalam pembakaran.



Gambar 2.5 Keadaan molekul ketika terabrak radikal bebas  
Sumber : Wardana (2008)

Menurut hukum Newton bahwa besar gaya tarik menarik dua buah masa berbanding terbalik dengan jaraknya. Jadi jarak yang semakin pendek secara fisika menunjukkan bahwa gaya ikatan molekul atau gaya tarik menarik antar atom di dalam molekul adalah kuat. Dengan demikian kekuatan suatu ikatan kimia ditentukan oleh energi disosiasi ikatan yang besarnya tergantung pada sifat ikatan antar atom-atom. Ikatan rangkap lebih kuat dari pada ikatan tunggal, dan ikatan tripel lebih kuat dari pada ikatan rangkap dan seterusnya.

Ada beberapa cara yang dipakai untuk melepas ikatan atom dalam molekul atau membuat molekul bermuatan yakni :

1. Dengan pemanasan, gerakan molekul-molekul bahan bakar dan pengoksidasi menjadi lebih cepat dan tumbukan molekul menjadi sangat keras. Akibatnya beberapa atom dengan ikatan mudah lepas.
2. Merangsang elektron yang mengikat atom-atom dalam molekul dengan katalis sehingga ikatan atom akan putus atau elektron dirangsang oleh katalis supaya meninggalkan molekul sehingga molekul tersebut menjadi pecah dan bermuatan.
3. Mengganggu elektron dengan medan magnet sehingga tidak lagi mengorbit pada inti atom dan meninggalkan molekul sehingga ikatan atom dalam molekul lepas dan molekul menjadi bermuatan.

Cara – cara elektron ini akan secara langsung mengganggu elektron yang merupakan pengikat molekul. Jika elektron-elektron meninggalkan molekul maka molekul tersebut akan bermuatan atau bahkan pecah menjadi beberapa molekul atau atom yang bermuatan.

Menurut Wardana reaksi bisa terjadi apabila molekul-molekul bertabrakan dalam arah yang tepat dan memutus serta membentuk ikatan-ikatan yang tepat pula.



Sebaliknya, untuk mencegah terjadinya reaksi harus dicegah terjadinya tumbukan atau tabrakan dalam arah yang tepat sehingga terhindar dari pemutusan dan pembentukan ikatan-ikatan yang tepat. Hal ini bisa dilakukan dengan memasukkan molekul-molekul yang bersifat non *flammable* sehingga molekul tersebut akan menghambat terjadinya reaksi. Molekul-molekul ini sering disebut inhibitor, inhibitor adalah zat yang menghambat atau menurunkan laju reaksi kimia. Sifat inhibitor berlawanan dengan katalis, yang mempercepat laju reaksi.

## 2.4 Campuran Udara dan 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. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung rasio campuran bahan bakar dan udara antara lain AFR (*Air-fuel Ratio*), dan *Ratio Equivalen* ( $\Phi$ ).

### 2.4.1 Air Fuel Ratio (AFR)

Parameter pembakaran lain yang penting perannya adalah rasio udara/bahan bakar (*air-fuel ratio*) dari suatu reaksi dengan persamaan 2.5 dan 2.6 dimana N adalah jumlah mol sedangkan M adalah massa molekul.

$$(AFR)_{stoc} = \left( \frac{N_{udara}}{N_{bahan\ bakar}} \right)_{stoc} \quad (\text{Wardana,2008 : 58}) \quad (2.5)$$

$$(AFR)_{stoc} = \left( \frac{M_{udara}}{M_{bahan\ bakar}} \right)_{stoc} \quad (\text{Wardana,2008 : 59}) \quad (2.6)$$

Keterangan

N = jumlah mol

M = Massa molekul

### 2.4.2 Ratio Equivalent ( $\Phi$ )

Metode ini termasuk juga metode yang umum digunakan. *Ratio Equivalent* didefinisikan sebagai perbandingan antara rasio udara-bahan bakar (AFR) stoikiometrik dengan rasio bahan bakar - udara (AFR) sebagai berikut :

$$\Phi = \left( \frac{AFR_s}{AFR_a} \right) \quad (\text{Wardana,2008 : 63}) \quad (2.7)$$

- $\Phi > 1$  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)

### 2.4.3 Udara Berlebih dan Udara Teoritis

Dalam proses pembakaran untuk mendapatkan pencampuran yang memuaskan antara bahan bakar dengan udara pada proses pembakaran aktual agak sulit. Udara perlu diberikan dalam jumlah yang berlebih untuk memastikan terjadinya pembakaran secara sempurna. Udara lebih (*Exces Air-XSA*) didefinisikan sebagai udara yang diberikan untuk pembakaran dalam jumlah lebih besar dari jumlah yang dibutuhkan bahan bakar. Daris inilah muncul istilah lain yaitu udara teoritis. Persen udara lebih dilambangkan ( $\lambda$ ) secara matematis persen udara lebih dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda = \left( \frac{AFR_{aktual} - AFR_{stoc}}{AFR_{stoc}} \right) \times 100\% \quad (\text{Wardana,2008 : 66}) \quad (2.8)$$

Hubungan antara udara teoritis dan udara lebih adalah sebagai berikut :

Udara teoritis = 100% + persen udara lebih

Udara teoritis =  $(100 + \lambda) \%$

$\lambda = \text{udara teoritis} - 100\%$

## 2.5 Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari bahan – bahan organik seperti sampah organik, limbah rumah tangga, kotoran hewan, dan manusia yang difermentasikan oleh bakteri metana yang diperoleh dengan cara metanogen seperti *Methanobacterium sp.*



Metanogen (penghasil bakteri metana) adalah proses terakhir dalam rantai mikro-organisme yang lebih rendah dekomposisi bahan organik dan kembali produk ke lingkungan. Dan dalam proses terjadinya, biogas berlangsung dalam keadaan tertutup. (<http://id.wikipedia.org/wiki/Biogas>).

Kandungan utama biogas adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dengan konsentrasi sebesar 55 – 75 % vol. Kandungan lain dalam biogas yaitu gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ), gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ), gas karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) dan gas hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Gas dalam biogas yang dapat berperan sebagai bahan bakar yaitu gas metana ( $\text{CH}_4$ ), gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan gas  $\text{CO}$  (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Biogas memiliki berat 20% lebih ringan dibandingkan udara. Suhu pembakaran biogas antara  $650^\circ\text{C}$  –  $750^\circ\text{C}$ . Apabila dibakar, akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG. Biogas umumnya dimanfaatkan untuk memasak, sumber energi untuk menyalakan lampu dan untuk berbagai aplikasi lainnya.

### 2.5.1 Komposisi Kandungan Biogas

Komposisi kandungan biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Namun demikian, komposisi biogas yang utama adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Komponen lainnya yang ditemukan terdapat dalam kisaran konsentrasi yang kecil (*trace element*) antara lain gas *hydrogen sulfide* ( $\text{H}_2\text{S}$ ), gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ), gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ), dan gas oksigen ( $\text{O}_2$ ). Tetapi gas-gas tersebut hanya berkisar dalam jumlah yang sangat kecil selain gas karbon dioksida  $\text{CO}_2$ . Oleh sebab itu gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang terdapat dalam biogas perlu dikurangi, karena dapat menghambat nilai kalor dari gas metana ( $\text{CH}_4$ ), untuk lebih lengkapnya dapat dilihat dalam tabel 2.2 prosentase jumlah komposisi biogas mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil.

Tabel 2.1 Komposisi biogas

No.	Komponen	Satuan	Komposisi	
			1	2
1.	Gas Metana (CH <sub>4</sub> )	% Vol	50 – 75	54 – 70
2.	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	% Vol	24 – 40	27 – 45
3.	Nitrogen (N <sub>2</sub> )	% Vol	< 2	0 – 1
4.	Hidrogen (H <sub>2</sub> )	% Vol	< 1	0 – 1
5.	Karbon monoksida (CO)	% Vol		0,1
6.	Oksigen (O <sub>2</sub> )	Ppm	< 2	0,1
7.	Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	Ppm	< 2	Sedikit

Sumber : Faruk dkk (2012)

Metana (CH<sub>4</sub>) dalam biogas bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Metana (CH<sub>4</sub>) memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara yaitu sebesar 1,2 kg/m<sup>3</sup>, serta dapat mencair pada temperatur -164 °C dan mendidih pada temperatur 161,49 °C, sifat fisika dari gas metana yang lebih lengkap dapat dilihat dalam Tabel 2.3, yaitu sebagai berikut ;

Tabel 2.2 Sifat fisik dan kimia dari gas metan

BESARAN	HARGA BESARAN
Formula	CH <sub>4</sub>
Titik didih	161,49 °C
Titik Cair	- 164 °C
Tekanan Kritis	673 psi (47,363 kg/cm)
Temperatur Kritis	- 82,5 °C
Berat jenis (60% CH <sub>4</sub> )	1,2 kg/m <sup>3</sup>
Titik nyala	650 °C
<i>Stoichiometric</i> udara/bahan bakar (kg/kg)	10,2 : 1

Sumber : Mitzlaff (1988)



Komponen terbesar biogas adalah gas metana (55-75 %). Gas metana merupakan komponen terpenting dalam biogas karena memiliki nilai kalor yang cukup tinggi diproduksi oleh bakteri pembusuk dengan cara menguraikan bahan-bahan organik. Semakin tinggi kandungan metana dalam bahan bakar, semakin besar kalori yang dihasilkan. Pada kisaran normal, biogas dengan kandungan 60 % metana memiliki nilai kalori sebesar 18000 (kJ/kg). Dalam biogas gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan gas yang merugikan karena gas tersebut akan menurunkan nilai kalor dalam proses pembakaran biogas.

### 2.5.2 Inhibitor CO<sub>2</sub>

Inhibitor adalah zat yang untuk menghambat atau menurunkan laju reaksi kimia, dalam hal ini reaksi kimia pembakaran. Molekul – molekul inhibitor akan terurai dan bekerja dengan mengganggu rantai reaksi kimia pembakaran, sehingga reaksi kimia pembakaran akan terhambat. Makin tinggi tingkat penguraian molekul inhibitor dan konsentrasi inhibitor akan makin memperlambat laju reaksi pembakaran (Chakraborty et. al, 1975)

Mekanisme inhibitor dapat ditunjukkan sebagai berikut :



dimana :

- |         |  |
|---------|--|
| X       | = halogen atom   |
| HX      | = asam halogen   |
| Ha      | = bahan bakar atau hidrogen dengan unsur kimianya                |
| $\beta$ | = hasil penguraian unsur seperti H, OH, O, CH <sub>3</sub> , dst |

Mekanismenya adalah mengganti X dengan  $\beta$ .

Dalam penelitian ini akan digunakan karbondioksida sebagai inhibitor. Yang mana merupakan salah satu gas yang tidak berbau, dan juga merupakan gas penghambat reaksi pembakaran yang efektif. Hal ini dikarenakan gas karbondioksida akan mengabsorpsi energi panas dari produk gas pembakaran. Selain itu karbondioksida memiliki property dan sifat fisika diantaranya :

- Densitas pada 15 °C : 1.87 Kg/m<sup>3</sup>
- Viskositas pada 0 °C : 0.0000137 Pa.s
- *Molar mass* : 44.01 Kg/kmol
- *R* : 0.1889 kJ/(Kg.K)

- $C_p$  : 0.846 kJ/(Kg.K)
- $C_v$  : 0.657 kJ/(Kg.K)
- $K$  : 1.289

Sumber : Cengel & Boles (1994:598)

## 2.6 Hipotesa

Pada proses pembakaran bahan bakar gas ( $\text{CH}_4$ ) dengan penambahan gas *mixer* sekaligus dengan penambahan  $\text{CO}_2$  atau tanpa  $\text{CO}_2$  warna api akan tetap biru karena sistem pembakarannya *premixed dan*  $\text{CO}_2$  hanya sebagai inhibitor dalam pembakaran sehingga hanya membuat proses pembakaran semakin lambat. Selain itu dengan penambahan gas *mixer* membuat flammability limit mengalami perubahan sehingga mempengaruhi karakteristik api.

