

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Berbagai macam penelitian tentang perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang mendukung penelitian ini, diantaranya :

Marlina (2004) meneliti tentang kualitas minyak jarak sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar. Didapatkan bahwa minyak jarak dengan kualitas yang lebih baik dari yang dihasilkan oleh standar AOAC (The Association of Official Analytical Chemistry) telah diperoleh, dengan rendemen sebesar 45 – 48 % per gram biji jarak. Minyak tersebut mengandung asam resinoleat sebesar 37 %, lebih rendah dari asam oleat dan palmitat. Proses proteksi dengan asetilasi terhadap gugus hidroksi minyak jarak berlangsung dengan baik, yang ditunjukkan dengan naiknya nilai bilangan iod dan turunnya nilai bilangan hidroksi. Proses oksidasi berlangsung lebih efektif terhadap minyak yang terasetilasi dari pada tanpa asetilasi. Kelebihan konsentrasi oksidator akan mengubah produk menjadi senyawa baru yaitu aldehid dan asam karbosilat. Kondisi optimum dicapai pada saat konsentrasi oksidator 15 %, dengan nilai bilangan iod 33,093 mg/g dan bilangan hidroksi 1280.438 mg/g.

Kurniawan (2006) membahas masalah pengaruh variasi kecepatan aliran bahan bakar dan udara terhadap ketidakstabilan api difusi (*lift off*) pada *burner concentric annulus tube*. Didapatkan bahwa semakin besar kecepatan aliran udara maka proses terjadinya *lift off* juga semakin lambat karena semakin cepat aliran udara maka massa alir udara juga semakin besar sehingga makin banyak udara yang bereaksi dengan bahan bakar yang menyebabkan pembakaran semakin baik. Didapatkan juga bahwa semakin besar kecepatan aliran udara maka luasan daerah api laminar juga semakin besar. Saat kecepatan aliran bahan bakar dan udara dinaikkan maka *lift off* juga semakin meningkat, aliran yang terjadi semakin turbulen sehingga pencampuran bahan bakar dan udara semakin baik akibatnya api didominasi warna biru.

Buffam dan Cox (2008) melakukan penelitian yang berkaitan dengan kecepatan pembakaran, dimana campuran metana – udara dibakar pada *bunsen burner* dengan beberapa nilai *equivalent ratio* yang berbeda. Sehingga didapatkan data berupa gambar nyala api yang kemudian dihitung kecepatan pembakarannya dengan mengalikan kecepatan reaktan dengan sinus sudut antara kecepatan pembakaran dengan kecepatan reaktan. Hasilnya bahwa kecepatan pembakaran *premixed* metana – udara memiliki

nilai tertinggi pada keadaan *equivalent ratio* = 1, dimana campuran bahan bakar dengan udara pada kondisi stoikiometri.

Sahoo (2009) mengamati penggunaan biodiesel dari jarak pagar (*Jatropha curcas*), karanja (*Pongamia pinnata*) dan polanga (*Calophyllum inophyllum*) yang sudah diaplikasi di India untuk pembangkit listrik dan mesin-mesin pertanian. Analisis ini mengungkapkan bahwa biodiesel yang tidak dimurnikan dari jatropha, karanja dan minyak biji polanga sangat cocok sebagai alternatif untuk diesel. Disimpulkan bahwa polanga biodiesel (PB100) yang menghasilkan tekanan puncak maksimum silinder (6.61 bar lebih tinggi dibandingkan dengan minyak diesel)

2.2 Minyak Jarak

Jarak pagar merupakan tanaman semak yang tumbuh cepat dengan ketinggian mencapai 3-5 meter. Tanaman ini tahan kekeringan dan dapat tumbuh di tempat dengan curah hujan 200-1.500 milimeter per tahun. Di Indonesia, tanaman ini dapat ditemukan tumbuh secara liar di propinsi Nusa Tenggara Timur

Tanaman jarak pagar termasuk famili *Euphorbiaceae*, satu famili dengan karet dan ubi kayu. Batangnya berkayu, silindris, bila terluka mengeluarkan getah (Gambar 1). Daunnya berupa daun tunggal, berlekuk, bersudut 3 atau 5, tulang daun menjari dengan 5 – 7 tulang utama, warna daun hijau (permukaan bagian bawah lebih pucat dibanding bagian atas). Panjang tangkai daun antara 4 – 15 cm (www.ristek.go.id, 2005).



Gambar 2.1 Tanaman Jarak
Sumber : Anonymous 1.

Bunga tanaman jarak berwarna kuning kehijauan, berupa bunga majemuk berbentuk malai, berumah satu. Bunga jantan dan bunga betina tersusun dalam rangkaian berbentuk cawan, muncul di ujung batang atau ketiak daun. Buah berupa buah kotak berbentuk bulat telur, diameter 2 – 4 cm, berwarna hijau ketika masih muda dan kuning jika masak. Buah jarak terbagi 3 ruang yang masing – masing ruang diisi 3 biji. Biji berbentuk bulat lonjong, warna coklat kehitaman. Biji inilah yang banyak mengandung minyak dengan rendemen sekitar 30 – 40 % (www.ristek.go.id, 2005). Buah dan biji jarak pagar dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2.2 Buah dan Biji Jarak
Sumber : Anonymous 2.

Penggunaan minyak nabati seperti minyak sawit, minyak kedelai, minyak bunga matahari, minyak kacang tanah, dan minyak zaitun sebagai bahan bakar alternatif bagi mesin diesel telah dimulai sejak 9 dekade yang lalu. Seiring dengan berkurangnya cadangan minyak mentah secara drastis, penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar diesel sekali lagi diajukan di banyak negara. Bergantung pada iklim dan kondisi tanah, maka masing-masing negara menggunakan minyak nabati yang berbeda-beda sebagai bahan bakar diesel. Sebagai contoh, minyak kedelai di USA, minyak lobak dan minyak bunga matahari di Eropa, minyak kelapa sawit di Asia Tenggara (khususnya Malaysia dan Indonesia), dan minyak kelapa di Filipina dipertimbangkan sebagai bahan pengganti minyak diesel. Dibutuhkan langkah-langkah tambahan untuk meningkatkan produksi minyak biji dan juga untuk mengembangkan sumber-sumber tanaman produktif yang baru dan lebih banyak dimana benihnya mempunyai kandungan minyak yang lebih tinggi.

Semua bagian tanaman ini berguna. Daunnya untuk makanan ulat sutera, antiseptik, dan anti radang, sedangkan getahnya untuk penyembuh luka dan pengobatan lain. Yang paling tinggi manfaatnya adalah buahnya. Daging buahnya dapat digunakan untuk pupuk hijau dan produksi gas, sementara bijinya untuk pakan ternak (dari varietas tak beracun). Sedangkan manfaatnya yang sudah terbukti adalah untuk bahan bakar pengganti minyak diesel (solar) dan minyak tanah. Minyak jarak dapat menggantikan minyak diesel untuk menggerakkan generator pembangkit listrik. Karena pokon jarak dapat ditanam di hampir seluruh wilayah di Indonesia, maka minyak jarak sangat membantu membangkitkan energi listrik daerah terpencil dan minyak ini dapat diproduksi sendiri oleh komunitas yang membutuhkan listrik.

Minyak jarak pagar mempunyai warna kuning terang dan mempunyai bilangan iodin yang tinggi (sekitar 105,2 mg iodin/g), yang menunjukkan tingginya hidrokarbon tak jenuh. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil uji komposisi asam lemak minyak jarak pagar. Struktur dan komposisi kimianya menyebabkan minyak jarak pagar lebih disukai sebagai pengganti CPO pada aplikasi non pangan. Komposisi asam lemak minyak jarak pada setiap daerah berbeda – beda, tergantung dari geologi daerah tersebut. Dalam penelitian ini, penulis mengambil komposisi asam lemak minyak jarak yang ada di daerah Malang. Tabel 2.1 menunjukkan asam lemak serta kadar komposisi kimia yang terkandung dalam tanaman jarak pagar.

Tabel 2.1 Jenis dan Komposisi Asam Lemak Pada Minyak Jarak

| Rumus Kimia | Persentase Berat (%) | Mr | Massa Asam Lemak / 100 g | Mol (n) |
|-------------------|----------------------|-----|--------------------------|---------|
| $C_{18}H_{34}O_3$ | 86 | 298 | 0,86 | 0,003 |
| $C_{18}H_{34}O_2$ | 8,5 | 282 | 0,085 | 0,0003 |
| $C_{17}H_{29}O_2$ | 3,5 | 265 | 0,035 | 0,00013 |
| $C_{18}H_{36}O_2$ | 0,5 | 274 | 0,003 | 0,00002 |
| $C_{18}H_{38}O$ | 1,5 | 270 | 0,015 | 0,00005 |

Asam lemak dibedakan berdasarkan panjang dari rantai karbon dan ikatan rangkap yang dimiliki. Beberapa macam asam lemak beserta struktur kimianya dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Jenis dan Struktur Kimia Asam Lemak Pada Minyak Jarak

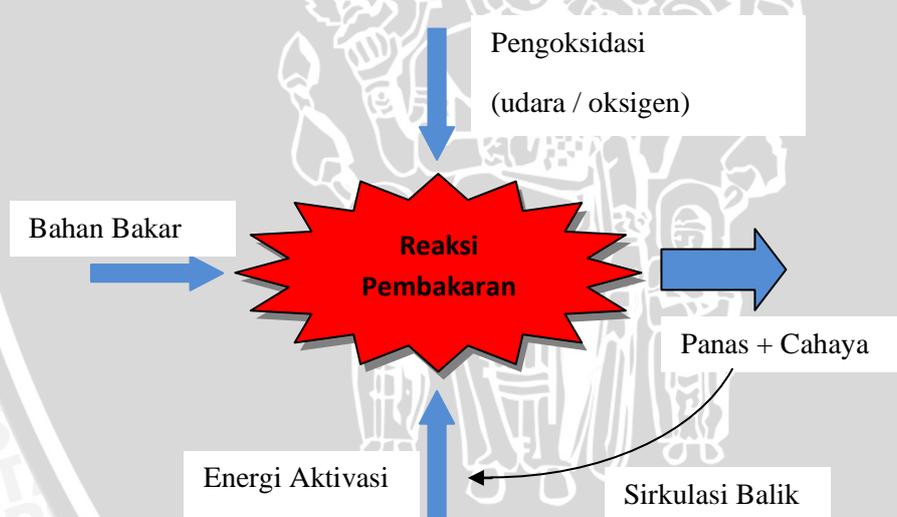
| Asam Lemak | Rumus Molekul |
|-----------------------|-------------------|
| Asam Risinoleat | $C_{18}H_{34}O_3$ |
| Asam Oleat | $C_{18}H_{34}O_2$ |
| Asam Linoleat | $C_{17}H_{29}O_2$ |
| Asam Stearat | $C_{18}H_{36}O_2$ |
| Asam Hidroksi Stearat | $C_{18}H_{38}O$ |

2.3 Proses dan Pengertian Pembakaran

Ada tiga syarat agar pembakaran bisa terjadi, yaitu :

1. Bahan Bakar
2. Oksidator (segala substansi yang mengandung oksigen)
3. Energi aktivasi

Berikut ini merupakan sebuah ilustrasi bagaimana pembakaran bisa terjadi.



Gambar 2.3 Ilustrasi Proses Pembakaran.
Sumber: Wardana (2008:3)

Agar suatu proses pembakaran dapat berlangsung perlu adanya energi aktivasi dimana energi ini berfungsi untuk mengaktifkan molekul – molekul bahan bakar, sehingga molekul tersebut menjadi bermuatan dengan cara melepaskan satu atau beberapa elektron dari kulit terluar atom atau memutus ikatan rantai molekul. Akan tetapi yang perlu diperhatikan apabila terlalu banyak atau terlalu sedikit oksidator pada jumlah bahan bakar tertentu dapat mengakibatkan tidak terbakarnya bahan bakar dan

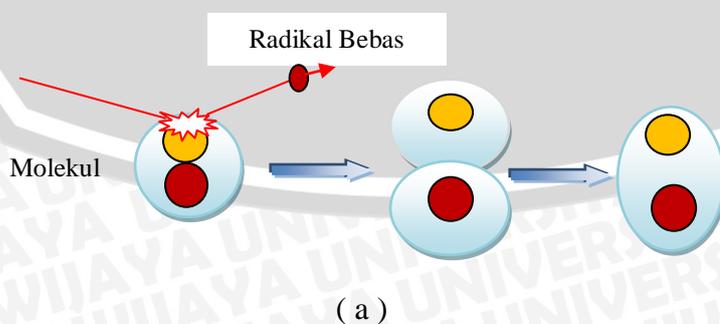
terbentuk CO. Jumlah oksigen tertentu sangat dibutuhkan agar pembakaran dapat terjadi secara sempurna selain itu dibutuhkan tambahan udara berlebih untuk menjamin pembakaran yang terjadi benar – benar sempurna. Walaupun demikian apabila terlalu banyak tambahan udara berlebih maka dapat mengakibatkan kehilangan panas dan buruknya efisiensi.

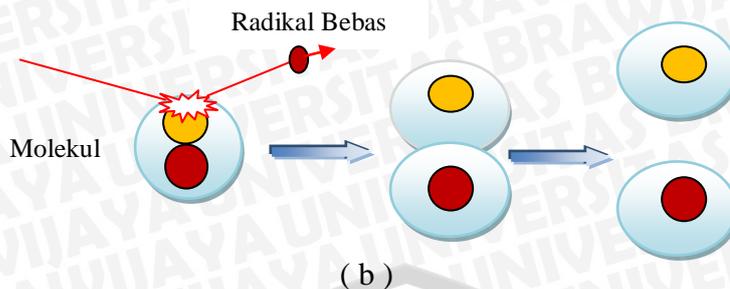
Sehingga dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi (oksigen atau udara) yang menghasilkan panas dan cahaya.

2.4 Reaksi Pada Proses Pembakaran

Pada proses pembakaran terjadi reaksi kimia yang kompleks antara bahan bakar dan pengoksidasi. Kondisi dimana dicapai pembakaran yang sempurna disebut dengan pembakaran stoikiometri, maka pembakaran stoikiometri dapat dikatakan pembakaran yang mana semua atom dari bahan bakar dan pengoksidasi bereaksi seluruhnya (sempurna) menghasilkan berbagai produk CO_2 , H_2O , dan N_2 .

Agar reaksi pembakaran bisa berlangsung maka molekul – molekul bahan bakar dibuat bermuatan dengan cara memutus ikatan kimia suatu bahan bakar menjadi molekul bermuatan atau disebut ion. Molekul bermuatan akibat pemutusan ikatan molekul-molekul disebut radikal bebas. Radikal bebas jika menghantam (menumbuk) molekul lainnya dapat menyebabkan jarak ikatan molekul tersebut merenggang dan mengerut secara elektron 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 2.4 (a) Keadaan Molekul Ketika Tertabrak Radikal Bebas dengan Energi yang Kecil.

(b) Keadaan Molekul Ketika Tertabrak Radikal Bebas dengan Energi yang Besar.

Sumber: Wardana (2008:5).

Berdasarkan Hukum Coloumb ($F = \frac{q_1q_2k}{r^2}$) bahwa besar gaya tarik menarik dua buah masa berbanding terbalik dengan jaraknya. Semakin kecil jarak antar atom maka ikatan antar atomnya semakin kuat, sebaliknya jika jarak antar atom semakin renggang maka ikatan antar atomnya semakin lemah. Ikatan rangkap lebih kuat dari pada ikatan tunggal, dan ikatan tripel lebih kuat dari pada ikatan rangkap dan seterusnya.

Ada beberapa cara untuk memutuskan ikatan atom dalam molekul atau membuat molekul bermuatan diantaranya adalah :

1. Dengan pemanasan, gerakan molekul-molekul bahan bakar dan pengoksidasi menjadi lebih cepat dan tumbukan molekul menjadi sangat keras. Akibatnya beberapa atom dengan ikatan lemah 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.

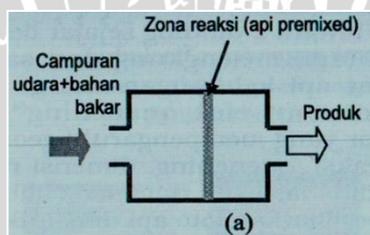
Cara – cara elektron ini akan secara langsung mengganggu elektron yang merupakan pengikat molekul. Jika elektron-elektron meninggalkan molekul maka molekul tersebut akan bermuatan atau bahkan pecah menjadi beberapa molekul atau atom yang bermuatan.

2.5 Klasifikasi Pembakaran

Pembakaran umumnya ditentukan oleh tiga karakter, karakter yang pertama ditentukan cara reaktan terbakar didalam zona reaksi. 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.

2.5.1 Pembakaran *Premixed*

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 2.5 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.

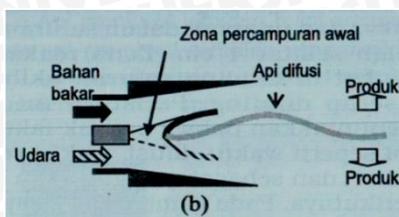


Gambar 2.5 Cara Reaktan Terbakar Pada Pembakaran Premix
Sumber: Wardana (2008:149)

2.5.2 Pembakaran Difusi

Pada pembakaran difusi, 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 di daerah pencampuran awal dan terbakar membentuk api *premixed* sebagian. Api *premixed* pada sisi bahan bakar menjadi kaya bahan bakar dan yang disisi udara menjadi api kaya udara atau api miskin bahan bakar, peran api *premixed* sebagai penstabil 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. Posisi api difusi ada pada daerah campuran udara bahan bakar stokiometri.



Gambar 2.6 Cara Reaktan Terbakar Pada Pembakaran Difusi
Sumber: Wardana (2008:149)

Karakter yang kedua saat reaktan melintasi zona reaksi yakni apabila alirannya laminar turbulen. Pada pembakaran laminar semua proses campuran dan proses penjalaran reaktan maupun panas terjadi secara molekuler. Dan pada pembakaran turbulen semua proses pencampuran dan proses penjalaran di bantu oleh gerakan-gerakan pusaran-pusaran aliran turbulen. Dan pada karakter yang ketiga ditentukan pada kondisi awal dari bahan bakar.

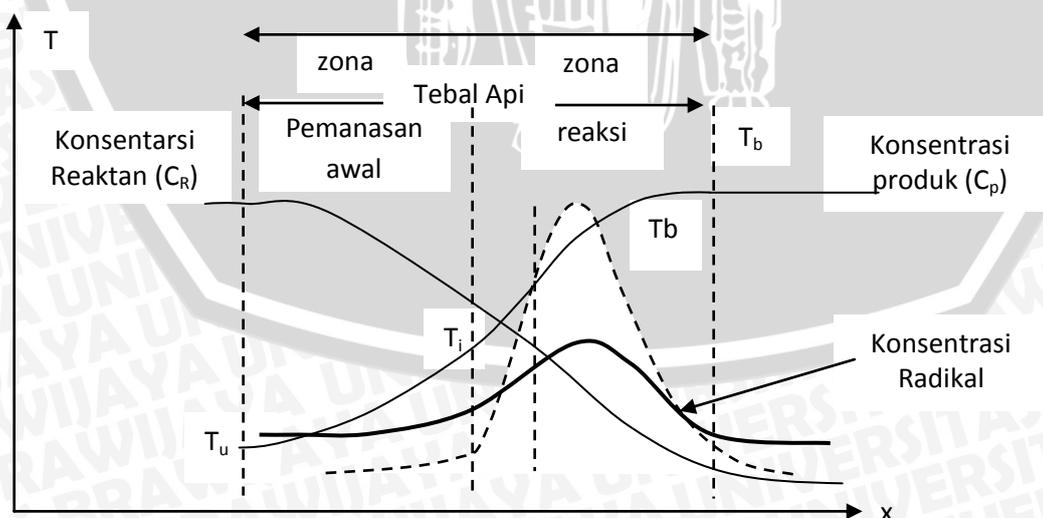
Dalam gelombang pembakaran terdapat dua zona yaitu :

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 energy kimia dilepaskan.

Seperti terlihat pada gambar 2.7 berikut :



Gambar 2.7 Detail Struktur Di Dalam Api *Premixed*.
Sumber: Wardana (2008:155)

Keterangan gambar:

C_R = konsentrasi reaktan

T_i = temperatur intermediate

C_P = konsentrasi produk

T_b = temperatur produk

T = distribusi temperatur

T_u = temperatur reaktan

U = distribusi kecepatan gas

Distribusi konsentrasi reaktan, konsentrasi produk, konsentarsiradikal, temperatur dan kecepatan gas seperti terlihat pada gambar 2.6. 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. Kecepatan rambatan api tersebut disebut kecepatan pembakaran. Kecepatan pembakaran dalam pembakaran premixed biasanya di beri notasi S_L .

Dan pada karakter yang ketiga ditentukan oleh keadaan fisik awal dari bahan bakar, berupa padat, cair, atau gas.

2.6 Kecepatan Pembakaran

Kecepatan pembakaran merupakan gelombang pembakaran (api) menuju reaktan yang terjadi karena adanya gradien temperatur antara produk yang memiliki temperatur tinggi dan reaktan yang memiliki temperatur rendah, sehingga terjadi transfer panas dari produk ke reaktan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pembakaran diantaranya adalah :

- a. Turbulensi aliran untuk pengadukkan bahan bakar dan udara.

Jika aliran yang dihasilkan dari tumbukan molekul udara dengan bahan bakar semakin turbulen, maka udara dengan bahan bakar akan lebih tercampur sempurna. Dengan campuran yang lebih sempurna maka api yang di pambakaran akan berlangsung lebih cepat.

- b. Luas daerah kontak reaksi antara bahan bakar dan udara.

Ketika luas daerah kontak antara udara dengan bahan bakar semakin kecil, maka aliran yang dihasilkan akan semakin turbulen. Dengan semakin kecilnya ruang kontak udara dengan bahan bakar, maka intensitas tumbukan molekul udara dengan bahan bakar akan semakin sering sehingga aliran akan menjadi turbulen. Dengan aliran yang turbulen maka pembakaran akan berlangsung lebih cepat.

c. Temperatur pembakaran.

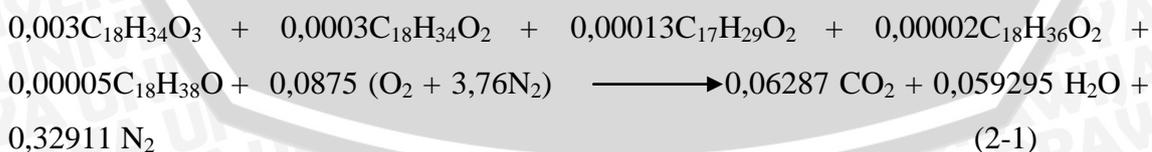
Dengan temperatur pembakaran yang tinggi, maka temperatur reaktan akan meningkat. Karena adanya peningkatan temperatur reaktan, maka energi panas dari reaktan akan semakin besar. Dengan semakin besarnya temperatur reaktan, maka pembakaran yang terjadi juga akan semakin meningkat.

d. Katalis

Katalis berperan dalam proses pembakaran. Apabila dalam pembakaran tidak ada katalis yang digunakan, pembakaran bisa tetap terjadi tetapi akan berjalan lambat. Hal ini dikarenakan tidak adanya energi tambahan untuk memecah molekul bahan bakar. Ketika katalis ditambahkan, maka molekul bahan bakar akan lebih cepat pecah dan pembakaran akan berlangsung lebih cepat.

2.7 Pembakaran Stoikiometri

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 minyak jarak dengan udara adalah sebagai berikut :



Pada kondisi yang umum udara yang dipakai untuk mengoksidasi bahan bakar pada kenyataannya mengandung Oksigen (O₂), Nitrogen (N₂), Argon (Ar), Karbon dioksida (CO₂), Uap air (H₂O), uap air (H₂O) dan sejumlah gas dalam bagian yang cukup kecil. Udara yang normal merupakan campuran gas-gas meliputi 78 % N₂; 20 %

O₂; 0,94 % Ar ; 0,03 % CO₂ sedangkan gas-gas lainnya sangat kecil konsentrasinya. Komposisi udara kering yang bersih, dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.2 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 |
| 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 % O₂ dan 79% N₂. Oleh karena itu, pada reaksi pembakaran dengan udara, penggunaan 1 mol O₂ akan melibatkan penggunaan $\left(\frac{79,0}{21,0}\right) = 3,76$ mol N₂. Untuk dapat mencapai pembakaran yang sempurna semua atom C diharapkan dapat terbakar menjadi CO₂ dan semua atom H₂ dapat terbakar menjadi H₂O.

2.7.1 Rasio Udara – Bahan Bakar (*Air Fuel Ratio / AFR*)

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.

Rasio udara/bahan bakar (*air-fuel ratio*) dari suatu reaksi seperti pada persamaan berikut, dimana *m* adalah massa asam lemak sedangkan *Mr* adalah massa molekul :

$$\begin{aligned}
 (AFR_{stoikiometri}) &= \left(\frac{m_{udara}}{m_{bahan\ bakar}}\right)_{stoikiometri} & (2.2) \\
 &= \frac{n_1(Mr(O_2 + 3,76 N_2))}{n_2(Mr(C_{18}H_{34}O_3)) + n_3(Mr(C_{18}H_{34}O_2)) + n_4(Mr(C_{17}H_{29}O_2)) + n_5(Mr(C_{18}H_{36}O_2)) + n_6(Mr(C_{18}H_{38}O))} \\
 &= \frac{0,0875(32+105,28)}{0,003(324+34+48) + 0,00003(324+34+32) + 0,00013(306+29+32) + 0,00002(324+36+32) + 0,00005(324+18+16)} \\
 &= \frac{10,012}{0,86 + 0,085 + 0,035 + 0,005 + 0,015}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{10,012}{1}$$

$$= 10,012 \left(\frac{kg_{udara}}{kg_{bahan\ bakar}} \right)$$

Berdasarkan perhitungan AFR pada persamaan (2-2), jadi *Air Fuel Ratio* (AFR) stoikiometri minyak jarak yaitu 10,012 : 1

2.7.2 Rasio Ekivalen (*Equivalent Ratio, Φ*)

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

$$\Phi = \frac{AFR_{stoikiometri}}{AFR_{aktual}} \quad (2-3)$$

- $\Phi > 1$ 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)

2.8 Hipotesis

Perubahan *Equivalent Ratio* akan mempengaruhi karakteristik api pembakaran *premixed* minyak jarak, semakin tinggi *Equivalent Ratio* maka kecepatan pembakaran akan semakin menurun yang nantinya mempengaruhi tinggi api yang semakin naik, temperatur api yang semakin turun dan pola nyala api. Jika AFR terus ditingkatkan maka api akan terangkat (*lift off*) kemudian padam (*blow off*).