

BAB II TINJUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Yuan (2016) meneliti mengenai pengaruh gliserol terhadap pembakaran *diesel-hybrid* dengan menggunakan analisis *thermogravimetric*. Penelitian ini menunjukkan bahwa *diesel-hybrid* dengan kandungan gliserol yang tinggi membutuhkan energi aktivasi yang besarnya signifikan jika dibandingkan dengan *diesel-hybrid* yang memiliki kandungan gliserol lebih sedikit. Bahkan dibuktikan bahwa *diesel-hybrid* dengan kandungan gliserol tinggi dapat menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna dan polusi yang dihasilkan lebih banyak pula.

Setyawan (2015) dengan penelitiannya mengenai efek air pada karakteristik pembakaran dari *droplet* tunggal gliserol. Penelitian ini menyatakan bahwa seiring dengan penambahan air maka *burning rate* dan *ignition delay time* dari *droplet* gliserol semakin meningkat pula. Sedangkan untuk waktu untuk pembakaran sampai *droplet* habis dapat diabaikan karena tidak menunjukkan hasil yang signifikan.

Wardana (2009) meneliti tentang trigliserida dalam minyak jarak yang berpotensi baik terhadap bahan bakar diesel. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa adanya dua langkah pembakaran dalam pembakaran minyak jarak. Yang pertama terbakar adalah asam lemak bebas dan yang kedua adalah gliserol. *Microexplosion* terjadi sesaat sebelum pembakaran kedua dikarenakan gliserol yang menyerap air dari asam lemak dan akan terjadi sesuai penambahan suhu minyak tersebut.

2.2 Pembakaran

Pembakaran adalah proses reaksi kimia antara ikatan molekul bahan bakar yang lemah dan lepas sehingga membuat atom-atom tersebut menjadi bermuatan kemudian bereaksi dengan oksigen dapat menghasilkan panas dan cahaya dalam jumlah besar. Sesuai pada gambar 2.1, untuk melakukan suatu proses pembakaran, maka diperlukan tiga komponen yaitu:

1. Bahan Bakar

2. Oksigen
3. Panas (energi aktivasi)



Gambar 2.1 Reaksi Pembakaran

Sumber : Wardana (2008:3)

Besar kecilnya energi ikatan atom dalam molekul akan berpengaruh untuk energi yang diperlukan untuk melepaskan ikatan molekul. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk memutuskan satu mol ikatan kimia dalam fase gas adalah energi disosiasi (Wardhana, 2008:7). Sedangkan energi aktivasi yang dimaksudkan pada gambar 2.1 adalah energi panas yang fungsinya untuk mengaktifkan molekul- molekul bahan bakar agar dapat teraktivasi dengan udara. Dalam setiap proses pembakaran ada dua yang pasti terjadi, antara lain.

1. Komposisi spesies campuran berubah terhadap waktu dan perubahan ini disebabkan oleh proses pada tingkat molekuler.
2. Ikatan-ikatan molekul yang lemah terlepas, kemudian digantikan oleh ikatan yang lebih kuat kelebihan energi ikat dilepas ke dalam sistem yang biasanya menyebabkan kenaikan temperatur. (Wardhana, 2008:55)

Peristiwa diatas menunjukkan bahwa terdapat dua hal yang harus dipenuhi dalam melakukan proses pembakaran berlangsung yaitu kesetimbangan massa dan kesetimbangan energi. Terjadinya peristiwa pembakaran dapat terjadi dalam dua kondisi yaitu pembakaran difusi dan pembakaran *premix*.

2.3 Pembakaran *Premixed*

Pembakaran premix adalah proses pembakaran yang terjadi ketika bahan bakar dan udara sebagai pengoksidasi dicampur secara mekanis terlebih dahulu lalu kemudian dibakar. Bentuk api premix pada tabung berbentuk lembar datar tipis dan merambat tegak lurus menuju arah reaktan. Terbentuknya kerucut pada bagian luar adalah efek dari bahan bakar yang belum terbakar habis pada api premix sehingga bercampur kembali pada udara sekitar. Pada pembakaran *premixed* ini terdapat perilaku aliran reaktan saat melintasi zona reaksi yaitu laminar dan turbulen.

- Pembakaran *Premixed* Turbulen

Pada *premixed* turbulen ini tidak bergantung pada jenis properti dari gas yang digunakan untuk melihat kecepatan pembakarannya. Nyala api *premixed* turbulen bergantung pada jenis alirannya, dalam hal ini terdapat beberapa struktur api yang dapat terjadi pada pembakaran *premix* turbulen yaitu api laminar keriput, terdapat gumpalan api dalam vortex, dan reaksinya menyebar. Dengan aliran turbulen ini maka dapat meningkatkan rambatan api yang terjadi pada pembakaran.

- Pembakaran *Premixed* Laminar

Api *premixed* laminar ini sangat khas bentuk apinya yaitu api bunsen dan api premix yang merambat dalam tabung. Proses campuran dan produk penjalaran panas maupun raktan berlangsung secara molekuler pada pembakaran laminar. Api pada *premixed* laminar ini biasa terdapat api bunsen yaitu api yang berbentuk kerucut dengan dinding kerucut merupakan permukaan dari api premix dengan api yang berbentuk lembar datar tipis yang terjadi di dalam tabung.

2.4 Kecepatan Pembakaran Api *Premixed* Laminar

Vektor kecepatan pembakaran api premixed (SL) dengan vector kecepatan lainnya yaitu vector kecepatan reaktan (V_u) dan vektor kecepatan produk (V_b) sejajar di dalam tabung seperti yang terlihat pada gambar 2.3 (a). Karena sifat fluida yang mengalir ke kerapatan yang lebih rendah, garis reaktan membelok di dekat api dan mengalir tegak lurus dengan permukaan api. Hal ini dikarenakan adanya perubahan densitas gas reaktan yang menurun 10 kali akibat kenaikan suhu api sekitar 3000 K. Sehingga, komponen vektor kecepatan V_u pada api seperti yang ditampilkan pada gambar 2.3 (b).

Pada api bunsen dalam kondisi stasioner, kecepatan api sama dengan kecepatan gas reaktan, sehingga

$$S_L = V_u \sin\theta \quad (2-1)$$

S_L = kecepatan api *premixed* laminer (cm/s)

V_u = kecepatan reaktan (cm/s)

θ = sudut antara api dengan sumbu nosel

Kecepatan reaktan dapat dihitung dengan rumus :

$$V_u = \frac{(\dot{m}/\rho_{uap}) + (Q_{udara})}{A_{burner}} \quad (2-2)$$

\dot{m} = massa alir reaktan (kg/menit)

ρ_u = densitas reaktan (kg/m³)

Q_{udara} = debit bahan bakar (l/menit)

A = luas penampang lintang nosel (m²)

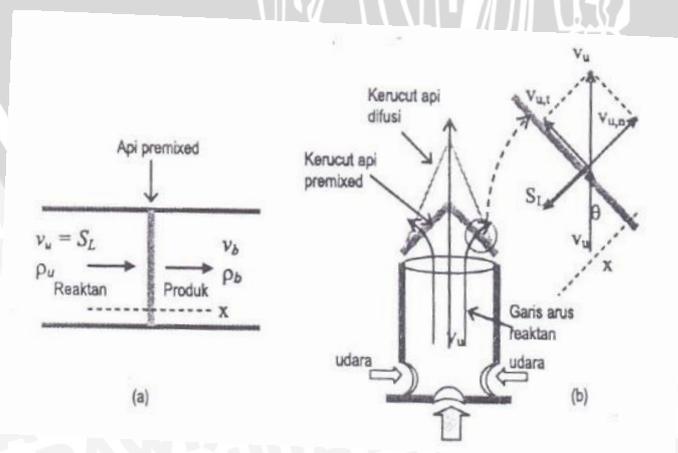
Pada rumus diatas maka dapat terlihat bahwa yang mempengaruhi kecepatan pembakaran yaitu;

- Kecepatan reaktan

Kecepatan reaktan adalah kecepatan gas reaktan (campuran dari bahan bakar dan pengoksidasi) menuju zona reaksi.

- Sudut api

Sudut api yang mempengaruhi kecepatan pembakaran api *premix* adalah kerucut sebelah dalam dengan posisi yang terdekat pada mulut nosel sesuai pada gambar 2.2.

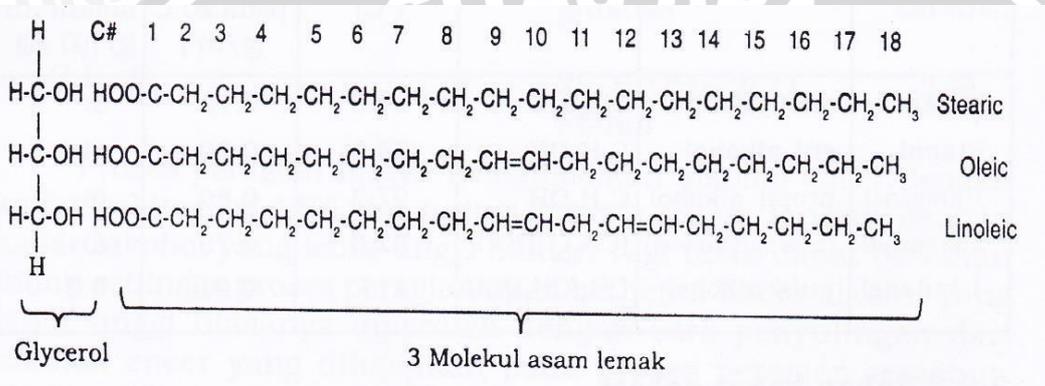


Gambar 2.2 (a) Struktur api premix dalam tabung (b) Struktur api premix pada nosel Bunsen

Sumber Wardana (2008:152)

2.5 Bahan Bakar Nabati

Bahan bakar nabati biasanya didapat dari hasil ekstrak tumbuh-tumbuhan yang dapat menghasilkan minyak yang terdapat di dalam biji tanaman. Minyak nabati mengandung molekul triglyceride atau yang disebut juga dengan triglycerol (TAG), yaitu salah satu bahan kimia yang terbentuk dari satu molekul glycerol dan tiga asam lemak. Asam lemak bisa jenuh dengan ikatan tunggal pada rantai karbonnya, atau bisa tak jenuh mono dengan ikatan rangkap pada rantai karbonnya, atau bisa tak jenuh poly dengan ikatan rangkap lebih dari satu pada rantai karbonnya (Wardhana 2008:39).



Gambar 2.3 Susunan ikatan molekul trigliserida

Sumber : Wardhana (2008:38)

Jumlah atom karbon dan atom hidrogen pada *triglyceride* mirip dengan ikatan hidrokarbon yang ada pada bahan bakar fosil. Kemiripan yang terjadi ada pada jumlah atom oksigen yang berjumlah enam atom. Hal ini menunjukkan bahwa minyak nabati dapat menggantikan penggunaan petrol.

2.6 Minyak Jarak

Minyak jarak berasal dari tanaman pohon jarak yang termasuk spesies *Jatropha Curcas L. A.* Tumbuhan ini banyak ditemukan di daerah tropis dan merupakan tanaman semak yang tumbuh dengan cepat hingga 1-7 m. Tanaman ini dikenal sebagai salah satu bahan pengobatan dan saat ini minyak jarak juga menjadi pusat perhatian sebagai sumber bahan bakar nabati. Buah dari tanaman jarak berupa buah kotak berbentuk bulat telur, dengan diameter 2-4 cm, dan panjang buah 2 cm dengan ketebalan 1 cm. Dalam satu buah

jarak terdapat tiga ruang yang masing-masing berisi satu biji. Biji yang terkandung dalam buah jarak berbentuk bukat lonjong yang mengandung minyak sebesar 30-50% tiap biji.

Proses untuk mendapatkan minyak dari tumbuhan jarak yaitu dengan cara pengepresan mekanik pada biji jarak. Cara ini sangat sesuai untuk memisahkan biji dengan minyaknya yang kadar minyaknya diatas 10%. Sebelum minyak jarak digunakan sebagai biodiesel, minyak ini dimurnikan dahulu untuk menghilangkan getah atau lendir, asam lemak bebas dan senyawa pengotor lainnya.

Pada komposisi asam lemak yang terkandung pada setiap tempat tidak sama, bergantung pada daerah tersebut. Kandungan asam lemak dan sifat- sifat yang dimiliki pada minyak jarak pagar dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.1 Komposisi Asam Lemak Minyak Jarak BALITAS Malang

Asam Lemak	Rumus Kimia	Prosentasi Massa (%)
Asam-Asam Miristat	C14H28O2	0,06
Asam-7heksadekenoat	C16H30O2	0,04
Asam Palmitoleat	C16H30O2	0,75
Asam Palmitat	C16H32O2	16,04
Asam Heptadekanoat	C17H34O2	0,08
Asam Linoleat	C18H32O2	28,71
Asam Oleat	C18H34O2	43,8
Asam-7oktadekenoat	C18H34O2	1,7
Asam Stearat	C18H36O2	8,64
Asam Eikosoat	C20H40O2	0,18

Sumber Hardiyansyah (2014)

Tabel 2.2 Sifat Fisik Pada Minyak Jarak

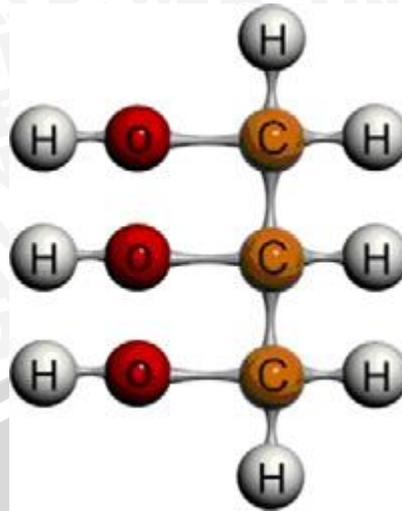
<i>Specification</i>	<i>Standard Specification of Jatropha Curcas Oil</i>
<i>Specific Gravity</i>	0,9186
<i>Flash point</i>	110 °C
<i>Carbon Residue</i>	0,64
<i>Cetane Value</i>	51,0
<i>Distillation point</i>	295 C
<i>Kinematics Viscosity</i>	50,73 cs
<i>Sulfur %</i>	0,13%
<i>Caloric Value</i>	9,470 kcal/kg
<i>Pour Point</i>	8 °C
<i>Colour</i>	4,0

Sumber Forson, et al (2003)

2.7 Gliserol

Gliserol pertama kali ditemukan oleh peneliti asal Swedia, K.W. Scheele pada 1779 yang menemukan rasa manis saat melakukan pembakaran pada minyak zaitun dengan timah yang teroksidasi. Pada tahun 1811 seorang peneliti asal Perancis, Michel Eugene Chevreul menjelaskan mengenai rumus kima asam lemak dan menjelaskan rumus kimia gliserin pada minyak nabati dan hewani.

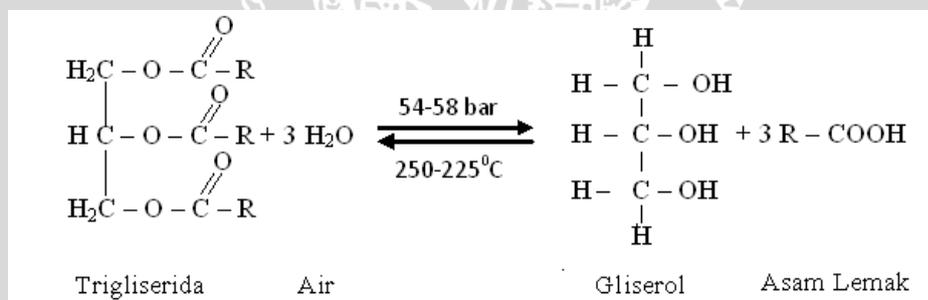
Gliserol adalah alkohol *trihydric* sederhana yang memiliki nama IUPAC propana-1,2,3-triol. Hal ini juga dikenal sebagai gliserin, 1,2,3-propanetriol, 1,2,3-trihydroxypropane, glyceritol atau glyceryl alkohol. Gliserol murni tidak berwarna, tidak berbau, cairan kental dengan rasa manis serta bersifat higroskopis yaitu mudah menyerap air dari lingkungan baik melalui absorpsi maupun adsorpsi. Seperti yang terlihat pada gambar 2.4 gliserol memiliki tiga kelompok hidroksil hidrofilik yang berguna untuk kelarutannya dalam air. Banyak cara untuk mendapatkan gliserol dan yang paling umum digunakan adalah hidrolisis, transesterifikasi serta pengilangan gliserol mentah.



Gambar 2.4 Struktur molekul gliserol

Sumber : Rahmat (2010)

Lemak dan minyak menghasilkan satu atau dua ikatan ester yang dapat terputus dan menghasilkan gliserol serta garam dari asam lemaknya. Gliserol juga bisa dihasilkan dari reaksi hidrolisis yang dilakukan dengan tekanan dan temperature tinggi. Pada gambar 2.5 di bawah ini menunjukkan reaksi pembentukan gliserol.



Gambar 2.5 Reaksi pembentukan gliserol dengan hidrolisis

Sumber : Hakiki (2010)

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

Rasio udara bahan bakar merupakan parameter dalam pembakaran yang membandingkan antara massa udara dan bahan bakar dalam proses pembakaran. memiliki persamaan dimana N adalah jumlah mol dan M adalah massa molekul. Berikut ini adalah perumusan rasio udara bahan bakar/AFR:

$$(\text{AFR})_{\text{stoik}} = \left(\frac{N_{\text{udara}}}{N_{\text{bahan bakar}}} \right)_{\text{stoik}} \quad (2-3)$$

$$(\text{AFR})_{\text{stoik}} = \left(\frac{M_{\text{udara}}}{M_{\text{bahan bakar}}} \right)_{\text{stoik}} \quad (2-4)$$

Dimana :

AFR = *Air Fuel Ratio*

N = jumlah mol

M = jumlah massa

Perhitungan dalam membandingkan udara dan bahan bakar dalam reaksi pembakaran untuk mengetahui rasio udara dan bahan bakar dapat pula dengan menggunakan massa molar langsung. Avogadro mengatakan setiap satu gram zat apa saja mengandung $6,022 \times 10^{23}$ satuan massa atom (sma). Beliau juga menjelaskan volume gas yang sama memiliki jumlah molekul sama atau massa atom zat dan dinyatakan dalam gram atau kilogram.

$$(AFR)_{aktual} = \left(\frac{Q_{udara} \times \rho_{udara}}{m_{bb}} \right) \quad (2-5)$$

Dimana:

Q_{udara} = Debit aliran udara

ρ_{udara} = Massa jenis udara pada 1 atm pada suhu $25^{\circ}\text{C} = 1,184 \text{ kg/m}^3$

Atom-atom yang sering terlibat dalam reaksi pembakaran dengan bahan bakar hidrokarbon dan udara adalah C, H, O₂, dan N₂. Pada tabel 2.3 di bawah menunjukkan massa molar dari atom-atom tersebut.

Tabel 2.3 Massa Molar Unsur

Atom/molekul	Massa molekul (sma)	Massa Molar (g)
C	12,01	12,01
H	1,01	1,01
O ₂	32	32
N ₂	28,02	28,02

Sumber : Wardana (2008:59)

2.9 Equivalence Ratio

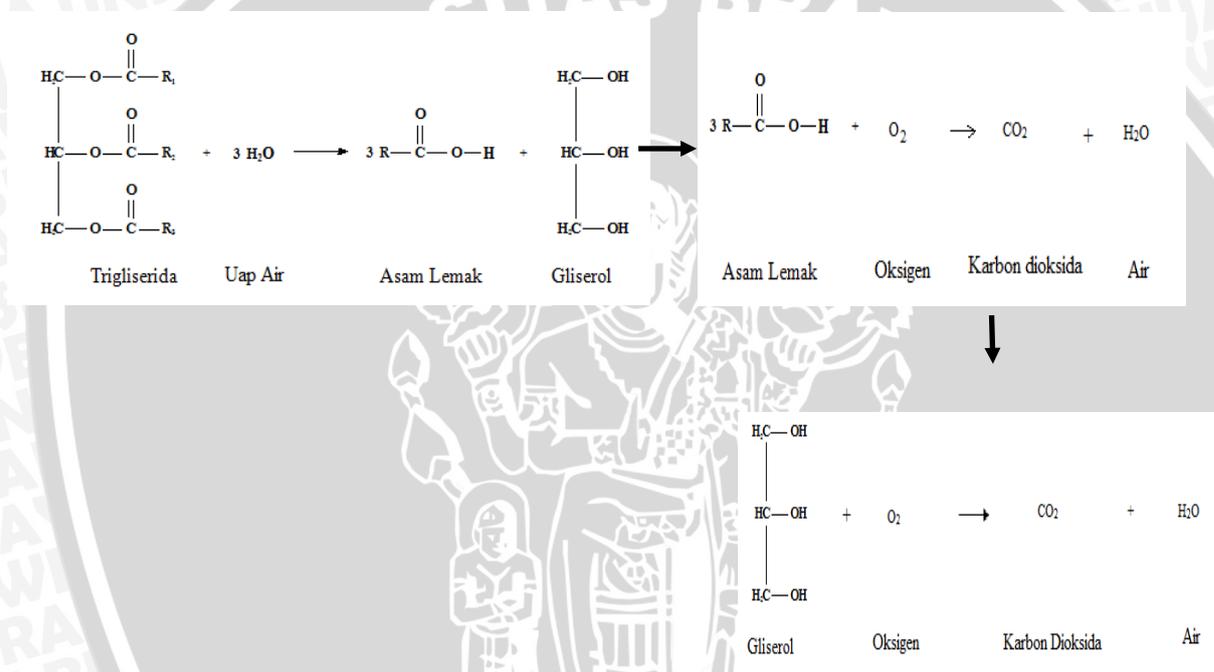
Equivalence Ratio merupakan perbandingan antara rasio udara-bahan bakar (AFR) stoikiometrik dengan rasio udara-bahan bakar (AFR) aktual sebagai berikut :

$$\Phi = \frac{(AFR)_{stokio}}{(AFR)_{aktual}} \quad (2-6)$$

Jika *equivalence ratio* didapat lebih dari satu ($\Phi > 1$) maka campuran kaya bahan bakar. Jika *equivalence ratio* didapat kurang dari satu ($\Phi < 1$) maka campuran miskin bahan bakar. Jika *equivalence ratio* didapat sama dengan 1 ($\Phi = 1$) maka campuran stokiometrik.

2.10 Konsep

Gliserol merupakan alkohol *trihydric* sederhana memiliki sifat higroskopis yang artinya gliserol ini memiliki kecenderungan untuk menyerap air baik dengan cara absorpsi maupun dengan adsorpsi. Dengan adanya sifat ini maka pembakaran minyak nabati akan terpengaruh secara langsung karena adanya air yang terlibat dalam pembakaran.



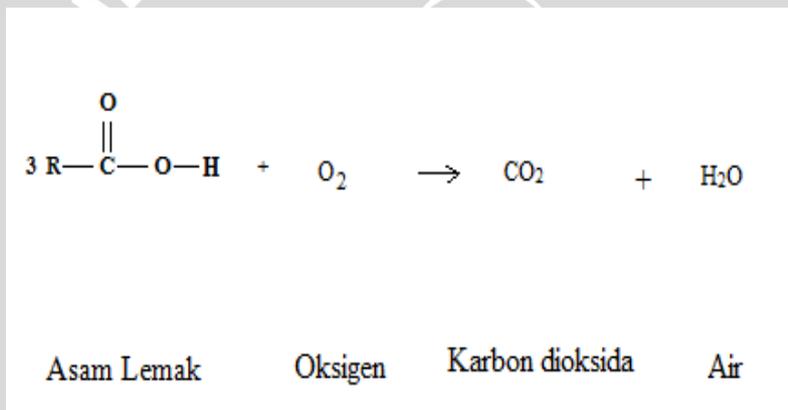
Gambar 2.6 Mekanisme pembakaran minyak nabati *crude*

Terlihat pada gambar 2.6 bahwa proses pertama yang terjadi pada pembakaran minyak nabati *crude* yang telah diuapkan adalah pemisahan molekul trigliserida dengan metode hidrolisis secara alami karena adanya uap air dan panas yang dibutuhkan di lingkungan sehingga asam lemak serta gliserol menjadi molekul yang terpisah yang menyebabkan pembakaran juga akan terpisah.

Molekul yang selanjutnya terbakar adalah asam lemak terlebih dahulu dikarenakan titik didih yang lebih rendah jika dibandingkan dengan gliserol. Serta dipengaruhi pula oleh viskositas, yang mana viskositas dari gliserol lebih kental daripada asam lemak. Hal ini disebabkan interaksi pada molekul dari gliserol yang mempunyai kecenderungan untuk

menyangkut dan menyebabkan kekentalannya menjadi tinggi. Ketika memasuki pembakaran gliserol, kalor yang dibutuhkan lebih besar karena sifat penyerapan air menyebabkan massa dari gliserol semakin besar pula.

Pembakaran dua tahap yang ditunjukkan pada gambar 2.6 dapat memberikan kelebihan serta kerugian. Kerugian yang terjadi adalah dibutuhkan energy kalor yang lebih besar untuk membakar molekulnya seperti yang telah dipaparkan di atas. Di samping itu kelebihannya adalah pembakaran yang dihasilkan akan lebih stabil atau range kompresi bahan bakar dan udara lebih besar. Dimana ketika pembakaran pertama yaitu asam lemak yang terbakar lebih dahulu mulai menipis dan di saat yang sama gliserol juga akan mulai menguap sehingga menyebabkan asam lemak akan menyelinap dan terjebak ke dalam gliserol. Asam lemak yang terjebak ini yang membuat pembakaran lebih stabil dikarenakan adanya ledakan mikro yang terjadi.



Gambar 2.7 Mekanisme Pembakaran minyak nabati tanpa gliserol

Sedangkan, pada minyak jarak tanpa gliserol pembakaran yang terjadi adalah pembakaran satu langkah seperti yang tampak pada gambar 2.7. Hilangnya gliserol menyebabkan tidak ada pula hidrolisis secara alami yang menyebabkan hanya asam lemak lah yang terbakar sehingga kecepatan pembakaran yang terjadi akan lebih besar. Tetapi, kestabilan dari pembakaran minyak jarak ini juga akan menurun dikarenakan tidak adanya gliserol yang menyerap kalor sehingga pembakaran hanya terjadi dalam satu tahap.

2.11 Hipotesis

Hipotesis yang dapat diambil dari dasar teori yang telah disebutkan di atas adalah gliserol yang berada pada minyak nabati dalam hal ini adalah minyak jarak, dapat mempengaruhi kecepatan api dimana gliserol yang memiliki sifat higroskopis atau menyerap

air ini menyebabkan pembakaran menjadi tidak sempurna dan membutuhkan energi yang lebih besar serta adanya dua langkah untuk membakar minyak jarak *crude* namun pembakaran yang dihasilkan akan menjadi lebih stabil. Sehingga membuat kecepatan api pada minyak jarak menjadi semakin menurun.

