

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Syihabun (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan kadar karbon aktif terhadap kecepatan api pembakaran *premix* dengan bahan bakar minyak jarak. Hasilnya penambahan karbon aktif akan mengakibatkan kecepatan api pembakaran *premix* minyak jarak meningkat seiring dengan penambahan kadar karbon aktif juga semakin meningkatkan kecepatan api pembakaran *premix* dengan bahan bakar minyak jarak. Dari hasil penelitian tersebut, kecepatan api tertinggi terjadi pada penambahan karbon aktif sebesar 0,03 g yaitu 68,25 cm/s. Sedangkan pembakaran minyak jarak tanpa campuran karbon aktif hanya menghasilkan kecepatan api *premix* sebesar 28.48 cm/s.

Pada penelitian tentang pengaruh persentase penambahan minyak cengkeh terhadap karakteristik pembakaran droplet minyak jarak yang dilakukan oleh Mirrah (2016) dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase minyak cengkeh, maka dimensi tinggi api semakin menurun karena cepatnya pembakaran dan penguapan yang terjadi. Kemudian kecepatan api pembakaran dan temperatur semakin meningkat seiring dengan pertambahan kadar minyak cengkeh.

Pada penelitian Yuntyansyah (2016) tentang pengaruh penambahan presentase karbon aktif pada pembakaran *droplet* bahan bakar minyak biji bunga matahari dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya persentase kandungan karbon aktif cenderung membuat tinggi dan lebar api pembakaran serta *ignition delay* menurun tetapi meningkatkan nilai *burning rate*. Dari hasil penelitian penelitian tersebut juga dapat diketahui bahwa karbon aktif dapat mempercepat reaksi pembakaran dengan memotong ikatan ganda menjadi ikatan tunggal pada minyak biji bunga matahari.

#### 2.2 Minyak Nabati

Minyak nabati merupakan minyak yang diekstrak dari semua bagian tanaman, baik itu tanaman buah-buahan, kacang-kacangan, sayur-sayuran, biji-bijian dan akar tanaman. Pada umumnya minyak nabati berupa cairan dan mengandung sejumlah asam lemak tidak jenuh





Gambar 2.2 Tanaman dan Biji Kapuk Randu  
Sumber : Tohari (2015)

Minyak biji kapuk randu berwarna kuning kecoklatan, berbau tengik. Untuk mendapatkan minyak kapuk randu dapat dilakukan dengan cara pengepressan dan ekstraksi pelarut. Pengepresan adalah cara ekstraksi lemak atau minyak terutama untuk bahan yang berasal dari biji-bijian yang dilakukan secara mekanik. Pengepresan dilakukan untuk bahan-bahan yang memiliki kandungan minyak yang tinggi sekitar 30-70%. Sedangkan proses penggunaan ekstraksi pelarut dilakukan dengan cara penghancuran biji kapuk hingga berbentuk bubuk kemudian dilarutkan dengan etanol dan asam atau dilarutkan dalam N-Hexane dan asam. Penambahan asam disini berfungsi untuk mencegah ikatan *gossypol* (pigmen warna biji kapuk) dengan protein.

Minyak kapuk randu terdiri dari campuran triester gliserol dan asam lemak yang secara umum disebut trigliserida (*triglyceride*). Kandungan minyak pada biji kapuk sekitar 25%–40%. Minyak kapuk randu memiliki 15-20% asam lemak jenuh dan 80-85% asal lemak tidak jenuh (Yuniwati, 2012). Jenis asam lemak penyusun minyak kapuk randu dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi asam lemak penyusun minyak kapuk randu

No	Asam Lemak	Kadar (100%)
1	Asam Kaprat	14,83 %
2	Asam Laurat	5,34 %
3	Asam Miristoleat	2,07 %
4	Asam Palmitat	18,91 %
5	Asam Oleat	48,00 %
6	Asam Linoleat	0,99 %

7	Asam Arasidat	1,09 %
8	Asam Behenat	0,06 %

Sumber: Yuniwati (2012)

Dari tabel dapat diketahui bahwa penyusun asam lemak terbesar dari minyak kapuk randu adalah asam oleat. Asam oleat sendiri adalah asam lemak yang tidak jenuh. Asam oleat tersusun dari 18 atom C dengan satu ikatan rangkap di antara atom C ke-9 dan ke-10. Dengan rumus kimia  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ . Dengan adanya ikatan rangkap pada asam oleat yang terdapat pada minyak kapuk ini dibutuhkan energi aktivasi yang lebih besar untuk memudahkan terjadinya pembakaran. Selain itu dengan banyaknya kandungan asam yang ada pada minyak kapuk randu menandakan semakin banyak juga atom C yang terkandung, semakin panjang atom C pada asam lemak, maka titik cair semakin tinggi dan akan sulit untuk terbakar. (Wardana, 2008)

### 2.3 Katalis

Katalis berfungsi merangsang elektron yang mengikat atom-atom dalam molekul sehingga ikatan atomnya akan putus atau meninggalkan molekul sehingga molekul tersebut menjadi pecah dan bermuatan. (Wardana, 2008). Menurut Gates (1992) katalis adalah sebuah zat yang mempercepat laju reaksi kimia, tapi tidak dikonsumsi dalam reaksi dan tidak mempengaruhi kesetimbangannya. Katalis dapat mempercepat laju reaksi karena kemampuan mengadakan interaksi paling sedikit satu molekul reaktan untuk menghasilkan senyawa antara yang lebih aktif. Interaksi ini dapat meningkatkan ketepatan orientasi tumbukan, meningkatkan konsentrasi akibat lokalisasi reaktan, sehingga meningkatkan jumlah tumbukan dan membuka alur reaksi dengan aktivasi yang lebih rendah.

Menurut Wardana (2008) katalis dibedakan menjadi dua jenis yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang berada dalam fase yang sama dengan reaktan, dan katalis heterogen adalah katalis yang berbeda fase dengan reaktannya. Pada katalis homogen katalis berupa molekul yang mengkordinasi reaksi, sedangkan katalis heterogen menyediakan permukaan sebagai tempat reaksi berlangsung. Pada penelitian ini menggunakan katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen dimana minyak kapuk randu sebagai reaktan dan minyak cengkeh sebagai katalis yang sama-sama berada pada fase cair. Sedangkan katalis heterogen yaitu pada minyak kapuk randu sebagai reaktan pada fase cair dengan karbon aktif sebagai katalis yang berfase padat sebagai penyedia permukaan.

### 2.3.1 Minyak Atsiri

Minyak atsiri dikenal dengan banyak nama, diantaranya yaitu minyak aromatik (*aromatic oil*) atau minyak esensial (*essential oil*), selain itu minyak atsiri juga dikenal sebagai minyak terbang (*volatile oil*) dan juga minyak eterik (*aetheric oil*). Minyak atsiri adalah minyak yang diekstrak dari tanaman yang mempunyai sifat mudah menguap pada suhu kamar tanpa adanya dekomposisi. Minyak atsiri merupakan salah satu hasil proses metabolisme dalam tanaman yang terbentuk karena reaksi berbagai senyawa kimia dan air. Sifat dari minyak atsiri yang lain adalah mempunyai rasa getir (*pungent taste*), berbau wangi sesuai dengan bau tanaman penghasilnya, yang diambil dari bagian-bagian tanaman seperti daun, buah, biji, bunga, rimpang, kulit kayu, bahkan seluruh bagian tanaman. Minyak atsiri mudah larut dalam pelarut organik seperti alkohol, eter, petroleum, benzene, dan tidak larut dalam air (Sandler, 1952).

#### 2.3.1.1 Minyak Cengkeh

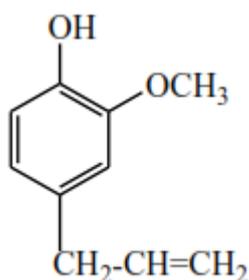
Minyak cengkeh adalah minyak atsiri yang berasal dari tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum*). Minyak cengkeh berwarna kuning pucat, bila terkena cahaya matahari akan segera berubah menjadi coklat gelap. Kelimpahan kandungan dalam minyak cengkeh bergantung dari jenis, asal tanaman, metode isolasi, dan metode analisa yang digunakan. (Alma, 2007). Minyak cengkeh umumnya diisolasi dari bunga cengkeh kering. Isolasi minyak bunga cengkeh umumnya menggunakan metode distilasi uap, metode tersebut aman dan mudah bagi lingkungan karena tidak menggunakan pelarut organik yang berbahaya. Distilasi bunga cengkeh diperlukan waktu 8-24 jam untuk menghasilkan minyak cengkeh yang memenuhi syarat mutu SNI. (Guenther, 2011).

Tabel 2.2 Komponen minyak bunga cengkeh hasil distilasi uap

No	Nama Senyawa	Waktu Retensi (menit)	Kandungan (%)
1	Eugenol	16,791	81,2
2	trans(beta)-Karyofilen	17,797	3,92
3	alfa-Humulene	18,255	0,45
4	Eugenil asetat	19,051	12,43
5	Karyofilen oksida	20,039	0,25
6	Trimetoksiasetofenon	21,254	0,53

Sumber : Prianto (2013)

Berdasarkan dari tabel 2.2 dapat diketahui kandungan dari minyak cengkeh yang terdiri dari 6 komponen. Dari 6 komponen tersebut, 3 diantaranya memiliki cincin aromatis dengan persentase area yang besar yaitu *eugenol*, *eugenil asetat* dan trimetoksiasetofenon, sedangkan 3 komponen lainnya merupakan senyawa golongan sesquiterpen yaitu trans-Karyofilen, alfa-Humulen, dan karyofilen oksida. (Prianto, 2013). Minyak cengkeh dapat larut dalam minyak bensin dan hasil analisis terhadap komponen penyusunnya banyak mengandung atom oksigen (Kadarohman, 2003). Atom oksigen dalam minyak cengkeh sebagian besar terletak pada struktur *eugenol*. Jadi dalam proses pembakaran struktur *eugenol* ini yang menyebabkan kecepatan reaksi pembakaran meningkat. Struktur kimia *eugenol* dapat dilihat pada gambar 2.3.



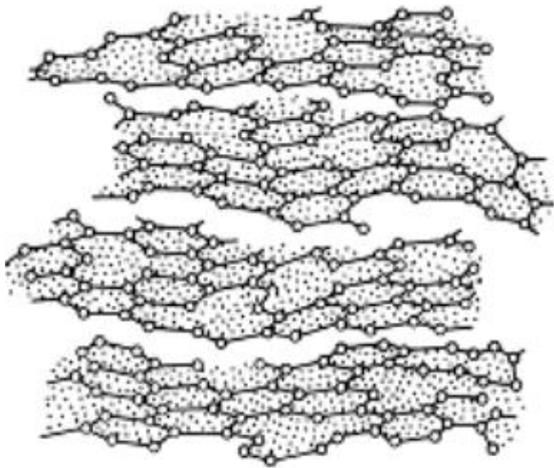
Gambar 2.3 Struktur *Eugenol*  
Sumber : Sastrohamidjojo (2004)

### 2.3.2 Karbon Aktif

Karbon aktif atau disebut juga arang aktif adalah suatu material yang memiliki permukaan yang sangat besar dan memiliki pori-pori yang sangat banyak yang berfungsi untuk menyerap apa saja yang dilalui. Menurut Hendra, dkk (2009), karbon aktif adalah karbon dengan struktur amorphous atau mikrokristalin yang dengan perlakuan khusus dapat memiliki luas permukaan dalam yang sangat besar antara 300-2000 m<sup>2</sup>/gram. Sifat adsorpsinya yang selektif tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif.

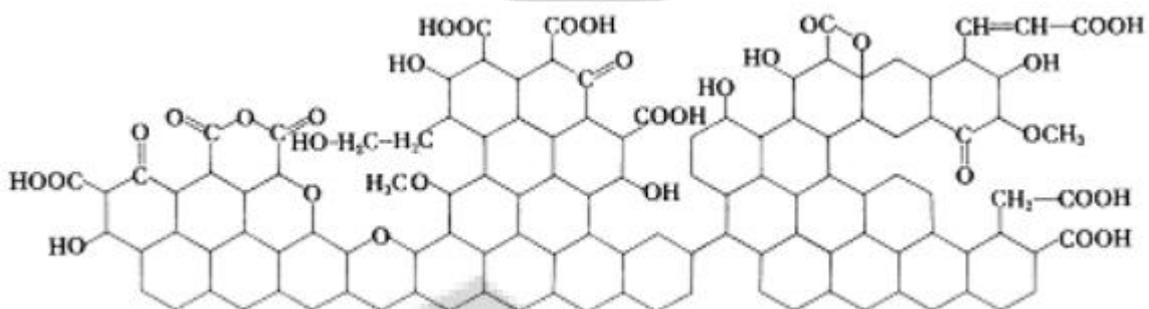
Karbon atau arang aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya batubara, kulit kelapa, dan sebagainya. Dengan pengolahan tertentu yaitu proses aktivasi seperti perlakuan dengan tekanan dan suhu tinggi, dapat diperoleh karbon aktif yang memiliki permukaan dalam yang luas. (Fatta, 2008)

Struktur fisik karbon aktif mempunyai susunan seperti plat-plat, bedanya terletak pada tumpukan lapisan-lapisannya dimana tumpukan lapisan grafit lebih beraturan daripada lapisan karbon. Struktur dasar karbon aktif berupa struktur kristalin yang sangat kecil (mikrostalin). Karbon aktif memiliki bentuk amorf yang tersusun atas lapisan bidang datar diaman atom-atom akrbon tersusun dan terikat secara kovalen dalam tatanan atom-atom heksagonal. (Sudibandriyo, 2003). Bentuk lapisan-lapisan karbon aktif dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Lapisan atom karbon heksagonal  
Sumber : Sudibandriyo (2003)

Dalam lapisan karbon, tidak hanya terdiri dari atom karbon tapi juga ada sedikit atom hidrogen dan oksigen (terlihat pada Gambar 2.5) yang terikat pada gugus fungsi misalnya karboksil, fenol, dan eter. Gugus fungsi ini dapat berasal dari bahan baku karbon aktif dan bisa juga terbentuk selama proses aktivasi karena adanya interaksi radikal bebas permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer. Dan gugus fungsi ini yang menjadikan permukaan karbon aktif reaktif secara kimia dan dapat mempengaruhi sifat adsopsinya (Murti, 2008).



Gambar 2.5 Ilustrasi struktur kimia karbon aktif  
Sumber : Sudibandriyo (2003)

Secara umum proses pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahap diantaranya dehidrasi yaitu proses penghilangan kandungan air yang terdapat dalam bahan baku karbon aktif dengan cara dipanaskan sampai suhu  $170^{\circ}$ , kemudian dilanjutkan dengan tahap karbonisasi yaitu proses pembakaran material organik pada bahan baku menjadi karbon. Pembentukan karbon terjadi pada suhu  $400-600^{\circ}\text{C}$ . Karbonisasi menyebabkan sebagian besar unsur non-karbon hilang dari bahan baku dan struktur pori-pori mulai terbentuk. Penambahan suhu saat pembakaran diperlukan untuk mempercepat pembentukan pori, tetapi suhu yang terlalu tinggi saat pembakaran dapat mengakibatkan terbentuknya abu yang berlebihan yang dapat menutupi pori-pori dan membuat luas permukaan berkurang serta daya adsorpsinya menurun. Karbonisasi akan dihentikan jika bahan baku sudah tidak mengeluarkan asap lagi. Tahap yang terakhir yaitu aktivasi yang dilakukan untuk memperluas permukaan dan meningkatkan daya adsorpsi karbon aktif. Pada tahap ini terjadi pelepasan hidrokarbon, tar, dan senyawa organik yang masih melekat pada karbon tersebut.

#### 2.4 Pembakaran

Menurut Wardana (2008), pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi (oksigen dan udara) yang menghasilkan panas dan cahaya. Syarat terjadinya proses pembakaran yaitu adanya bahan bakar, pengoksidasi berupa oksigen atau udara serta adanya panas atau energi aktivasi untuk mengaktifkan molekul-molekul bahan bakar. Agar dapat terjadi proses pembakaran, molekul-molekul bahan bakar dibuat bermuatan dengan cara memutus ikatan rantai molekul atau melepaskan beberapa elektron dari kulit terluar atom. Sehingga molekul-molekul bermuatan tersebut akan sangat mudah bereaksi karena ketidakstabilan muatannya karena ia akan mudah tertarik oleh molekul dengan muatan berlawanan.

Ada dua hal yang selalu terjadi ketika terjadi proses pembakaran, yaitu:

1. Komposisi spesies campuran berubah terhadap waktu, perubahan ini disebabkan oleh proses pada tingkat molekular.
2. Ikatan-ikatan molekul yang mudah lepas kemudian digantikan oleh ikatan yang lebih kuat. Kelebihan energi ikat dilepas ke dalam sistem yang biasanya menyebabkan kenaikan temperatur.

Dari hal-hal tersebut juga diperlukan kesetimbangan energi dan kesetimbangan massa agar proses pembakaran dapat terjadi. (Wardana, 2008, p.55)

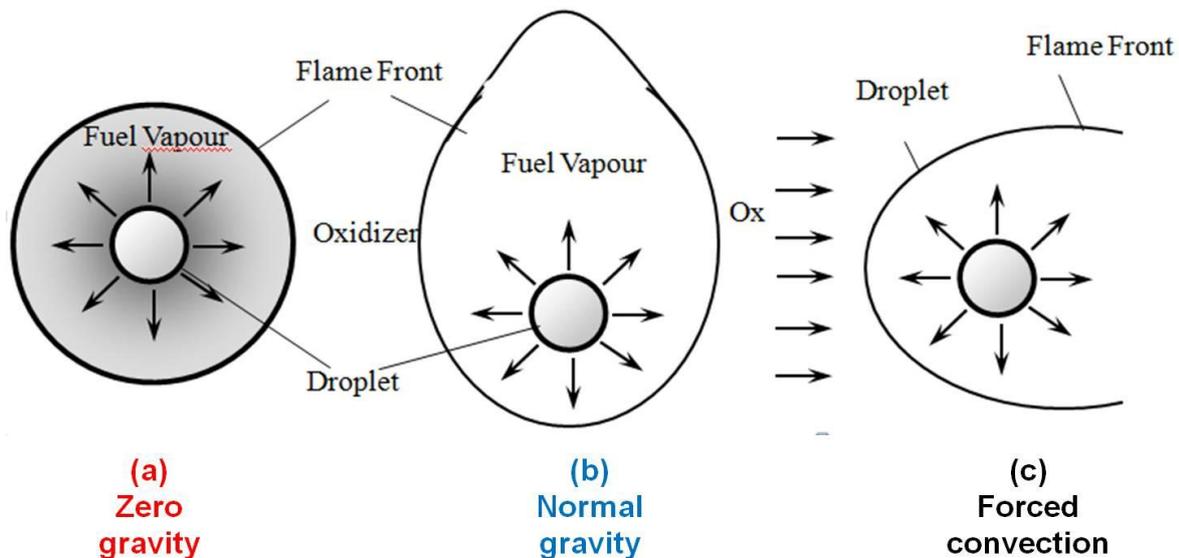
Menurut Soetiari (1990) dalam proses pembakaran, diharapkan untuk selalu terjadi pembakaran yang sempurna. Suatu pembakaran dapat dikatakan sempurna apabila memenuhi beberapa syarat, diantaranya :

1. Terjadinya penguapan yang efisien dari bahan bakar.
2. Adanya udara yang cukup.
3. Terjadinya campuran homogen antara bahan bakar dan udara
4. Pembakaran terjadi pada temperatur yang sangat tinggi.

#### 2.4.1 Pembakaran Droplet

Untuk melihat karakteristik atau fenomena-fenomena yang muncul pada pembakaran minyak nabati biasanya dilakukan ketika bahan bakar dibuat berbentuk droplet supaya dapat memperoleh karakteristik pembakaran dari susunan terkecil. Pembakaran droplet adalah pembakaran dimana perpindahan massa bahan bakar, udara, dan panas didominasi oleh api difusi berbentuk bola disekeliling sebuah droplet (partikel air kecil seperti rintik hujan) bahan bakar cair. (Wardana, 2008). Ukuran droplet berkisar antara  $10^{-2}$  cm sampai 1 cm.

Saat proses pembakaran *droplet*, panas yang dihasilkan dari pembakaran akan merambat keluar daerah *flame front* yang disebut *heatloss* dan panas ini banyak dimanfaatkan menjadi energi lain. Kemudian juga ada panas yang merambat menuju permukaan *droplet*. Temperatur hasil pembakaran *droplet* akan berpindah menuju permukaan *droplet* secara konveksi. Temperatur inilah yang digunakan untuk merubah fase *droplet* dari cair menjadi gas.



Gambar 2.6 Bentuk nyala api pembakaran droplet

Sumber : *Virtual Combustion and Atomation Laboratory* (ITT Kanpur), (2008)

Bentuk api dari pembakaran *droplet* akan di pengaruhi oleh kondisi gravitasi di sekitar *droplet*, seperti yang terlihat pada Gambar 2.6. Pembakaran *droplet* pada kondisi dimana gravitasi rendah atau *microgravity*, api dapat berbentuk lingkaran yang disebabkan oleh tidak adanya gaya apung. Tapi jika dalam kondisi gravitasi normal, api akan berbentuk lonjong dan bahkan memanjang ke atas dikarenakan gaya apung yang akan mendorong gas panas ke atas. Bentuk nyala api juga bisa berbentuk tidak bulat yang terjadi dalam keadaan konveksi paksa atau *force convection* dimana nyala api mengikuti arah aliran.

#### 2.4.2 Kecepatan Pembakaran *Droplet*

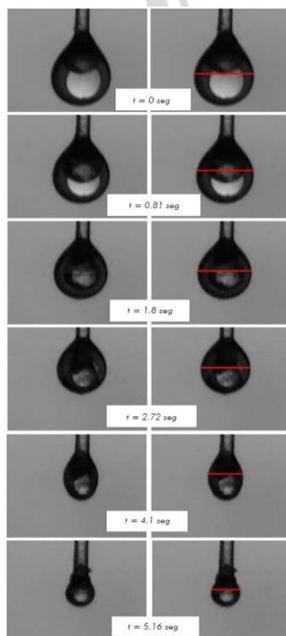
Kecepatan pembakaran adalah kecepatan suatu bahan bakar untuk terbakar hingga bahan bakar tersebut terbakar habis (Quintiere, 1997). Dalam pembakaran *droplet*, kecepeatan api pembakaran dapat dilihat dari seberapa cepat *droplet* habis terbakar. Untuk mengetahui nilai kecepatan pembakaran *droplet* dapat dilakukan dengan cara menghitung perbandingan diameter awal *droplet* terhadap diameter *droplet* tiap waktunya hingga *droplet* tersebut habis.

$$\left(\frac{dt}{d_0}\right)^2 \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana :

$dt$  : diameter *droplet* pada waktu tertentu (mm)

$d_0$  : diameter awal *droplet* (mm)



Gambar 2.7 Perubahan diameter *droplet* saat terbakar

Sumber : Lohman (2015)

Terlihat pada Gambar 2.7 diameter *droplet* akan terus berkurang hingga senyawa bahan bakar habis dan tidak ada yang dapat bereaksi lagi. Reaksi yang dihasilkan dari bahan bakar yang terbakar habis adalah berupa cahaya dan panas. Semakin cepat reaksi pembakaran yang terjadi maka semakin cepat api akan terbentuk, dengan api yang terbentuk mengakibatkan diameter *droplet* semakin kecil dan cepat habis. Untuk mendapatkan nilai kecepatan pembakaran dapat dihitung dari persamaan :

$$D^2(t) = D_0^2 - K_c \cdot t$$

$$K_c = - \left( \frac{Dt^2 - D_0^2}{t} \right) \dots\dots\dots(2-2)$$

Dimana :

D : diameter *droplet* pada waktu tertentu (mm)

Do : diameter *droplet* awal (mm)

Kc : *burning rate constant* (mm<sup>2</sup>/s)

t : *burning life time* (s)

data yang diperoleh dari hasil penelitiann akan disubstitusikan ke persamaan (2-2). Jika *burning life time* semakin kecil, maka akan memperbesar nilai kecepatan pembakaran (*burning rate*).

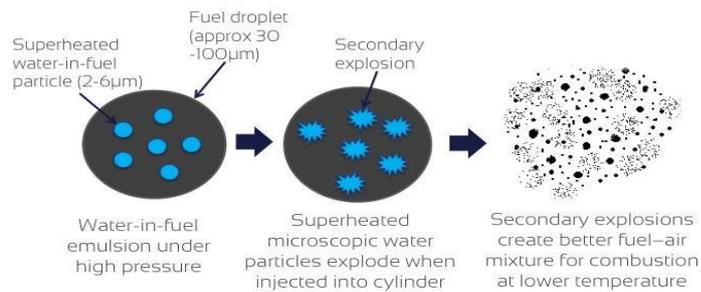
## 2.5 *Microexplosion*

Menurut Zeng dkk (2007) *Microexplosion* adalah proses pecahnya cairan *droplet* yang dikarenakan adanya proses gasifikasi internal yang cukup keras. Menurut Manfred Aigner dkk (2006) menyatakan bahwa *Microexplosion* terjadi apabila terdapat perbedaan titik didih pada komposisi penyusun bahan bakar, yaitu air dan bahan bakar. *Microexplosion* menyebabkan terbentuknya butiran bahan bakar yang sangat kecil, sehingga menyebabkan makin mudahnya pembakaran pada suhu tinggi.

Pada pembakaran minyak nabati *microexplosion* dapat terjadi akibat adanya perbedaan titik didih antara fatty acid dan glycerolnya. Karena adanya perbedaan titik didih ini mengakibatkan perbedaan pada proses penguapan pada campuran bahan bakar. Perbedaan proses penguapan ini yang mengakibatkan suatu *droplet* pecah karena bahan bakar yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu didalam *droplet* yang bercampur dengan bahan bakar yang memiliki titik didih lebih tinggi yang sudah tidak dapat menahan tekanan dari gas dalam *droplet*.

Ketika *droplet* terus dipanaskan, maka *droplet* akan mengalami penurunan nilai densitas sehingga dapat mengakibatkan tegangan permukaan *droplet* semakin menurun.

Ketika *droplet* tidak dapat menahan tekanan gas dari dalam yang diakibatkan dari penguapan bahan bakar yang memiliki titik didih lebih rendah, maka *droplet* akan mudah pecah. Pecahnya *droplet* ini dapat berakibat meningkatkan kecepatan pembakaran sehingga bahan bakar akan lebih cepat habis terbakar. Pada gambar 2.8 menunjukkan adanya *binary fuel droplet* yaitu minyak dan kandungan air yang terdapat pada minyak pada skema tahapan *microexplosion*.



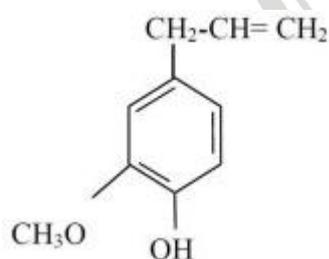
Gambar 2.8 Skema tahapan *microexplosion*

Sumber: Blue Ocean Solutions Pte Ltd (2015)

## 2.6 Konsep Penelitian

### 2.6.1 Penambahan Minyak Cengkeh

Pada penelitian ini minyak cengkeh digunakan sebagai katalis homogen dimana memiliki fase *liquid* yang sama dengan minyak kapuk randu untuk mempercepat reaksi pembakarannya. Minyak cengkeh memiliki kandungan *eugenol* dengan rumus kimia  $C_{10}H_{12}OH$ . *Eugenol* merupakan senyawa aromatik yang memiliki rantai karbon siklik atau cincin siklik yang terkonjugasi seperti yang terlihat pada Gambar 2.10. Rantai karbon siklik ini yang nantinya dapat mempengaruhi reaksi pembakaran *droplet* dengan cara menurunkan kekuatan ikatan antar molekul penyusun minyak kapuk randu.

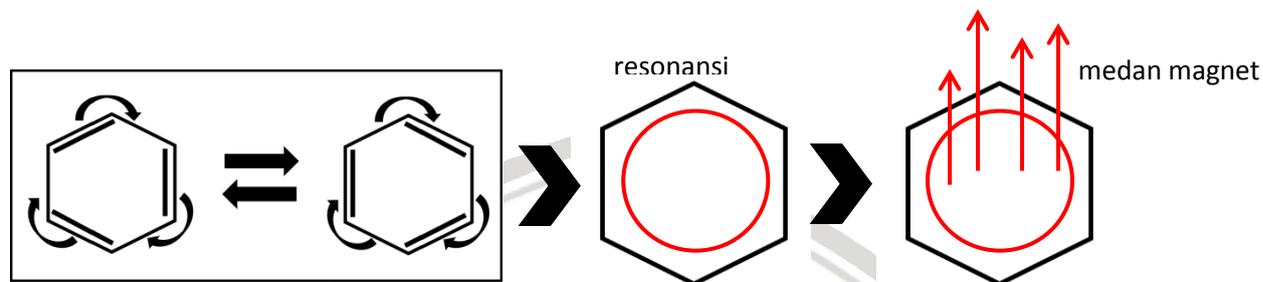


Gambar 2.9 Cincin siklik pada senyawa eugenol

Sumber : Sastrohamidjojo (2004)

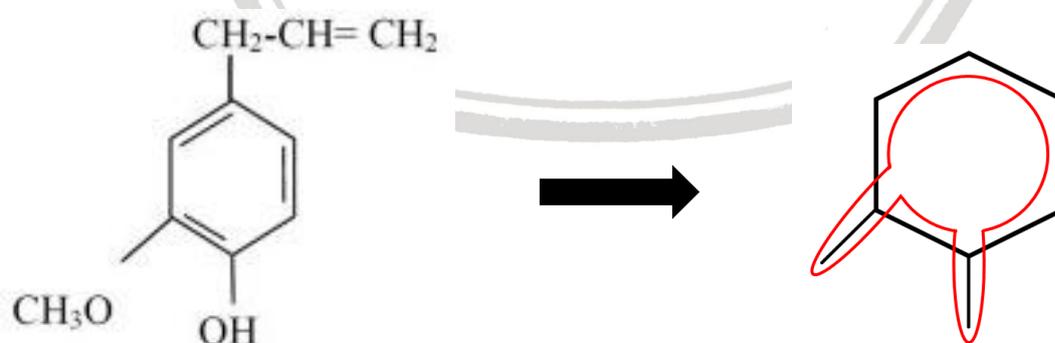
Pada rantai karbon siklik memiliki ikatan rangkap dan ikatan tunggal yang berselang seling. Rantai karbon tersebut memiliki sifat delokalisasi dimana ikatan rangkap bergerak

menuju ikatan tunggal secara terus menerus karena adanya perbedaan muatan. Berpindah-pindahannya ikatan rangkap ini yang menyebabkan adanya energi resonansi pada suatu rantai karbon siklik seperti yang terlihat pada Gambar 2.10. Dengan adanya energi resonansi ini mengakibatkan adanya lompatan elektron pada ikatan rangkap sehingga menimbulkan suatu medan magnet lemah yang akan mempengaruhi ikatan asam lemak pada minyak kapuk.



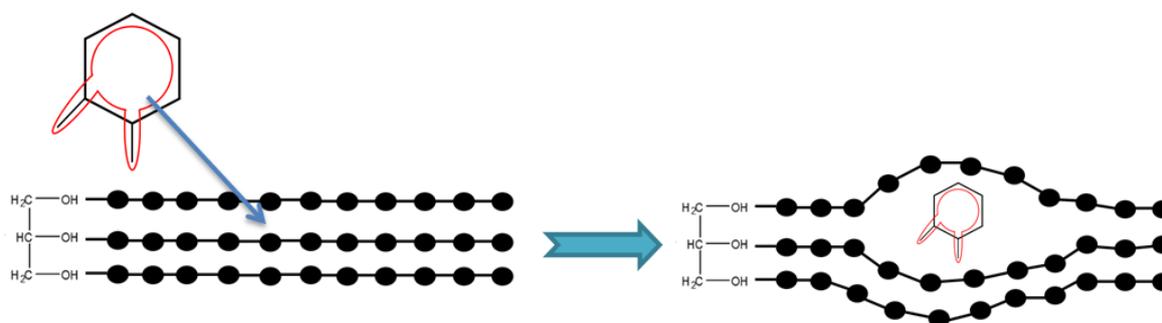
Gambar 2.10 Ilustrasi pembentukan medan magnet karena adanya gaya resonansi  
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2018)

Pada rantai karbon senyawa eugenol, energi resonansi tidak hanya terjadi pada cincin siklik. Pada eugenol terdapat rantai ikatan samping berupa molekul OH, CH<sub>3</sub>O serta CH<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub>. Pada rantai ikatan molekul OH memiliki ikatan rangkap tambahan dari atom O karena atom O tersebut memiliki 4 elektron valensi bebas yang tidak berikatan sehingga menjadi ikatan rangkap yang terkonjugasi. Hal tersebut juga terjadi pada rantai ikatan CH<sub>3</sub>-O yang disebelahnya sehingga memungkinkan terjadinya resonansi tambahan. Sedangkan rantai karbon CH<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub> tidak membentuk ikatan rangkap yang terkonjugasi melainkan akan memperpanjang rantai hidrokarbon minyak kapuk randu karena memiliki struktur yang sama. Sehingga bentuk resonansi pada *eugenol* menjadi seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Ilustrasi resonansi yang terjadi pada eugenol  
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2018)

Resonansi pada eugenol juga menimbulkan medan magnet. Semakin panjangnya lintasan resonansi yang ada pada eugenol akibat adanya penambahan ikatan luar mempengaruhi kuat lemahnya medan magnet yang dihasilkan. Medan magnet dapat menyebabkan orbit elektron pada molekul menjadi lonjong karena pengaruh gaya tarik medan magnet, semakin lonjong maka jarak antar elektron akan semakin jauh dan akibatnya energi dionisasi akan semakin kecil (Wardana, 2008). Pada Gambar 2.12 mengilustrasikan medan magnet ini mengganggu pergerakan elektron-elektron pada molekul asam lemak yang mengakibatkan elektron tersebut keluar dari orbitnya sehingga ikatan asam lemak melemah dan saling menjauh satu sama lain, hal tersebut mengakibatkan ikatan antar molekul asam lemak semakin mudah putus.



Gambar 2.12 Ilustrasi pengaruh eugenol terhadap ikatan asam lemak.  
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2018)

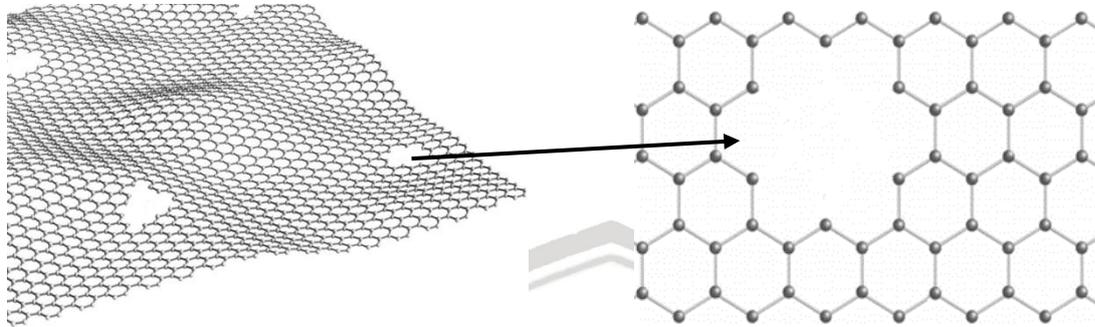
Elektron yang keluar dari orbit asam lemak tadi mengakibatkan asam lemak hanya memiliki proton dan bermuatan positif. Saat proses pembakaran, oksigen yang ada memiliki keelektronegatifan yang tinggi sehingga dapat menarik elektron berpindah ke oksigen sehingga oksigen lebih bermuatan negatif. Ketika oksigen yang bermuatan negatif bereaksi dengan asam lemak yang bermuatan positif mengakibatkan gaya tarik menarik secara masif. Gaya tarik menarik ini mengakibatkan terjadinya tumbukan antar molekul yang bisa mempercepat reaksi pembakaran.

### 2.6.2 Penambahan Karbon Aktif

Karbon aktif digunakan sebagai katalis pada pembakaran droplet minyak kapuk randu. Mekanisme kerja karbon aktif akan membantu menurunkan energi aktivasi yang mengaktifkan molekul-molekul bahan bakar dan mempercepat reaksi kimia pembakaran.

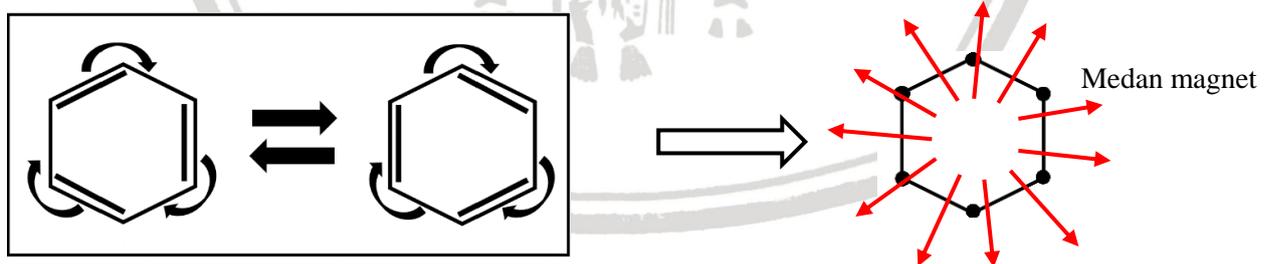
Karbon aktif tersusun dari grafit yang berupa tumpukan lembaran-lembaran *graphene* yang berlubang-lubang seperti pada Gambar 2.13. *Graphene* adalah alotrop karbon yang

berbentuk heksagonal dengan ketebalan hanya satu atom. *Graphene* ini memiliki sifat yang dapat memperbaiki struktur seprainya sendiri apabila terkena molekul yang mengandung karbon seperti hidrokarbon. (Konstantine N, 2012)



Gambar 2.13 Ilustrasi struktur *graphene* pada karbon aktif  
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2018)

Sifat *graphene* yang dapat memperbaiki strukturnya sendiri terjadi karena susunan *graphene* tersebut terdiri dari 6 ikatan atom karbon berbentuk heksagonal dan tersusun secara kovalen yang memiliki 3 ikatan tunggal dan 3 ikatan rangkap yang tersusun berselang-seling. Ikatan rangkap dari karbon aktif ini memiliki sifat delokalisasi karena adanya perbedaan muatan yang mengakibatkan ikatan rangkap pindah ke arah ikatan tunggal secara terus menerus. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.14, gerakan dari perpindahan yang terus menerus ini meyebabkan adanya lompatan elektron. Lompatan-lompatan elektron ini mengakibatkan timbulnya medan magnet dari karbon aktif sehingga karbon aktif dapat menarik atom karbon dari minyak kapuk randu untuk memperbaiki strukturnya yang cacat.



Gambar 2.14 Ilustrasi terbentuknya medan magnet pada *graphene* karbon aktif  
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2018)

Minyak kapuk randu memiliki molekul hidrokarbon yang ada pada ikatan asam lemaknya. Dari molekul hidrokarbon tersebut, *graphene* karbon aktif menarik atom karbon untuk memperbaiki lapisan yang cacat. Karena adanya penarikan atom karbon pada asam lemak tersebut meninggalkan atom hidrogen menjadi bergerak secara bebas karena terlepas



asam lemak berpindah ke karbon aktif sehingga karbon aktif menjadi kelebihan elektron dan bermuatan negatif. Dan dikarenakan elektron asam lemak berpindah ke karbon aktif mengakibatkan asam lemak hanya memiliki proton dan bermuatan positif.

Saat proses pembakaran, campuran minyak kapuk randu dan karbon aktif akan bereaksi dengan oksigen. Karena keelektronegatifan oksigen lebih besar dari karbon aktif maka elektron dari karbon aktif akan berpindah lagi ke oksigen sehingga oksigen akan memiliki kelebihan elektron dan bermuatan negatif. Asam lemak tanpa elektron yang bermuatan positif akan bereaksi dengan oksigen yang bermuatan negatif sehingga terjadi reaksi tarik menarik yang mengakibatkan adanya tumbukan antar molekul. Tumbukan antar molekul ini terjadi secara masif sehingga menurunkan energi aktivasi dan kecepatan pembakarannya meningkat.

## 2.7 Hipotesis

Berdasarkan konsep diatas, hipotesis yang dapat diambil adalah penambahan kadar minyak cengkeh terhadap minyak kapuk randu akan meningkatkan kecepatan pembakaran droplet, dikarenakan minyak cengkeh banyak memiliki kandungan oksigen dan adanya reaksi tarik menarik yang dapat mempercepat proses pembakaran. Dan penambahan kadar karbon aktif terhadap minyak kapuk randu juga akan mempercepat proses pembakaran droplet karena struktur dari karbon dapat mengikat molekul-molekul pada minyak kapuk randu yang mengakibatkan gaya tarik-menarik yang dapat mempercepat terjadinya pembakaran pada minyak kapuk randu.

