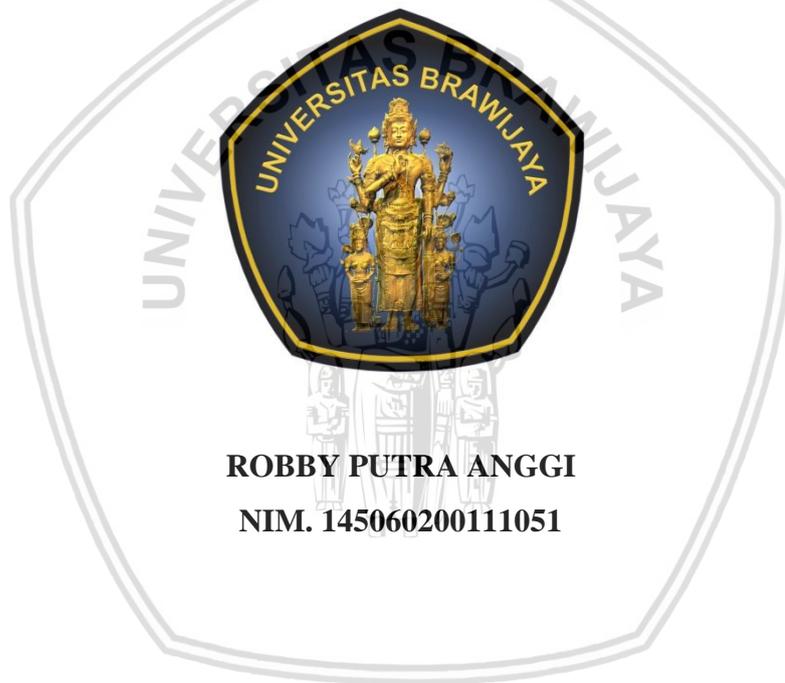


**PENGARUH PENAMBAHAN KARBON AKTIF DAN ANTIOKSIDAN  
*AVERRHOA CARAMBOLA* TERHADAP KECEPATAN API  
PEMBAKARAN *PREMIXED* MINYAK BIJI BUNGA MATAHARI**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ROBBY PUTRA ANGGI**

**NIM. 145060200111051**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2018**



## LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN KARBON AKTIF DAN ANTIOKSIDAN  
*AVERRHOA CARAMBOLA* TERHADAP KECEPATAN API PEMBAKARAN  
*PREMIXED* MINYAK BIJI BUNGA MATAHARI

## SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ROBBY PUTRA ANGGI  
NIM. 145060200111051

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 19 Desember 2018

Dosen Pembimbing I

Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D  
NIP. 19590703 198303 1 002

Dosen Pembimbing II

Haslinda Kusumaningsih, ST., M.Eng.  
NIP. 19890102 201504 2 002

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Mega Nur Sasongko ST., MT.  
NIP. 19590703 198303 1 002

JUDUL SKRIPSI:

PENGARUH PENAMBAHAN KARBON AKTIF DAN ANTIOKSIDAN *AVERRHOA CARAMBOLA* TERHADAP KECEPATAN API PEMBAKARAN *PREMIXED* MINYAK BIJI BUNGA MATAHARI

Nama Mahasiswa : Robby Putra Anggi  
NIM : 145060200111051  
Program Studi : Teknik Mesin  
Minat : Teknik Konversi Energi

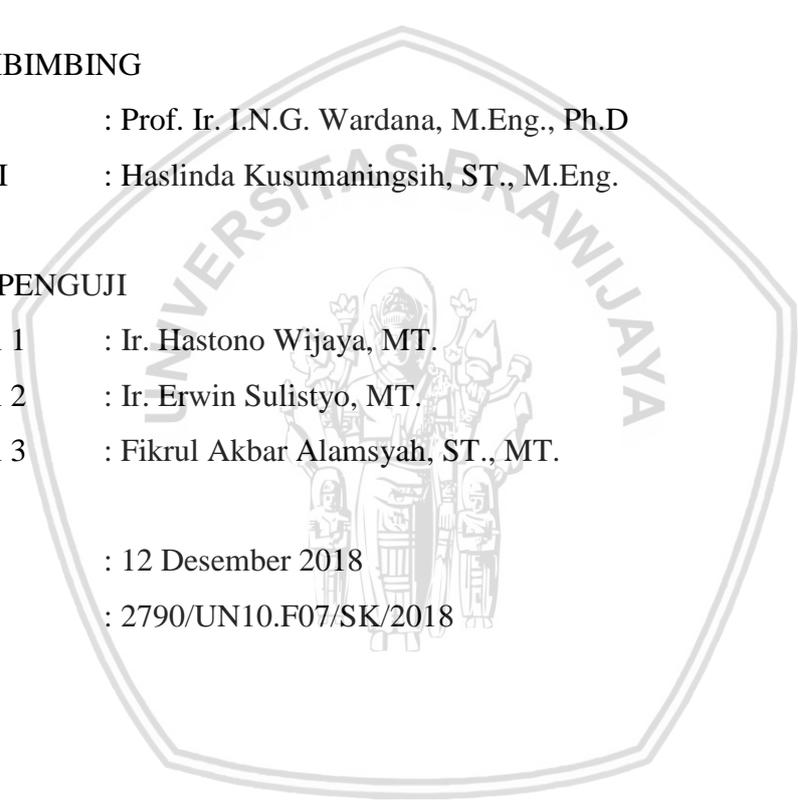
KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D  
Pembimbing II : Haslinda Kusumaningsih, ST., M.Eng.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Ir. Hastono Wijaya, MT.  
Dosen Penguji 2 : Ir. Erwin Sulisty, MT.  
Dosen Penguji 3 : Fikrul Akbar Alamsyah, ST., MT.

Tanggal Ujian : 12 Desember 2018  
SK Penguji : 2790/UN10.F07/SK/2018





**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM SARJANA**



## **SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor : 168/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :



**ROBBY PUTRA ANGGI**

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH PENAMBAHAN KARBON AKTIF DAN ANTIOKSIDAN AVERRHOA  
CARAMBOLA TERHADAP KECEPATAN API PEMBAKARAN PREMIXED MINYAK BIJI  
BUNGA MATAHARI**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan  
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **19 DEC 2018**

Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D**  
NIP. 19670518 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin



**Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT**  
NIP. 19740930 200012 1 001

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 19 Desember 2018

Mahasiswa



Robby Putra Anggi

NIM. 145060200111051

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang sudah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, diantaranya:

1. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng, Ph.D., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang sudah banyak memberikan banyak ilmu, arahan, dan masukan selama penulisan skripsi ini.
4. Ibu Haslinda Kusumaningsih, ST., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan, saran, dan ilmu selama penulisan skripsi ini.
5. Ibunda Eha Julacha, Ayahanda Raja Putra Situmeang dan keluarga tercinta yang telah memberikan doa dan dukungan yang tak terhingga bagi penulis.
6. Teman-teman seperjuangan skripsi yaitu Bekti, Ryan, Pradana, Azka dan Airlangga yang mau bersama-sama menyelesaikannya skripsi sampai akhir.
7. Keluarga Besar Mat Jari (Surya, Lawdy, Gassa, Ismawan, Fikri, Ikmal, dan Hasbi) sebagai teman dikala susah dan senang dalam menjalani hidup sebagai mahasiswa mandiri.
8. Arek-arek Mesin 2014 (MAF14), Wani Perih dan Keluarga Besar Teknik Mesin Brawijaya yang saya banggakan.
9. Kepada para P. Tabrani dan Valeandra yang sudah banyak memberi motivasi, dukungan serta menjadi teman dalam bertukar pikiran.
10. Semua pihak yang ikut membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat yang luas bagi pembaca dan bisa digunakan untuk menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya. Penulis juga terbuka dalam menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak guna menjadi pribadi dan penulis yang lebih baik.

Malang, Desember 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	5
2.2 Pembakaran .....	5
2.2.1 Reaksi Pembakaran .....	6
2.2.2 Jenis-Jenis Pembakaran .....	7
2.2.2.1 Pembakaran <i>Premixed</i> .....	7
2.2.2.2 Pembakaran Difusi .....	8
2.2.3 Rasio Udara dan Bahan Bakar .....	8
2.2.4 Kecepatan Pembakaran Api .....	9
2.3 Minyak Biji Bunga Matahari .....	11
2.4 Hidrokarbon Jenuh dan Tak Jenuh .....	12
2.5 Resonansi .....	13
2.6 Katalis .....	13
2.6.1 Karbon Aktif .....	14
2.6.2 Antioksidan Buah Belimbing .....	15
2.7 Emisi Cahaya .....	16
2.7.1 Spektrum Cahaya .....	16
2.7.2 Energi Pancar .....	17
2.7.3 Hukum Perpindahan Wien .....	18



2.8 Kerangka Konsep Penelitian .....	18
2.8.1 Pengaruh Katalis Karbon Aktif terhadap Minyak Biji Bunga Matahari.....	18
2.8.2 Pengaruh Katalis Antioksidan Belimbing terhadap Minyak Biji Bunga Matahari.....	21
2.9 Hipotesis.....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1 Metode Penelitian.....	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	23
3.3 Variabel Penelitian .....	23
3.4 Alat dan Bahan Penelitian .....	24
3.5 Skema Instalasi Penelitian.....	26
3.6 Prosedur Pengambilan Data Penelitian .....	26
3.7 Diagram Alir Penelitian .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	31
4.2 Visualisasi Api .....	31
4.3 Analisis Data .....	33
4.3.1 Perhitungan AFR Stoikiometri.....	34
4.3.2 Contoh Perhitungan Massa Alir Uap Minyak Biji Bunga Matahari .....	35
4.3.3 Contoh Perhitungan AFR Aktual .....	35
4.3.4 Contoh Perhitungan <i>Equivalence Ratio</i> .....	36
4.3.5 Contoh Perhitungan Kecepatan Alir Reaktan .....	36
4.3.6 Contoh Perhitungan Kecepatan Api.....	37
4.4 Grafik dan Pembahasan.....	38
4.4.1 Grafik Pengaruh <i>Equivalence Ratio</i> terhadap Kecepatan Api <i>Premixed</i> ...	38
4.5 Perbandingan Data dengan Antioksidan Lain.....	43
4.5.1 Perbandingan Antar Perlakuan Penambahan Antioksidan 0,05 gram .....	43
4.5.2 Perbandingan Antar Perlakuan dengan Penambahan Karbon Aktif 0,05 gram dan Antioksidan 0,05 gram .....	44
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>45</b>
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Massa Molar Unsur.....	8
Tabel 2.2	Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Bunga Matahari .....	11
Tabel 2.3	Sifat Fisik Minyak Biji Bunga Matahari .....	12
Tabel 2.4	Panjang Gelombang Dan Frekuensi Dari Warna Cahaya Tampak .....	17
Tabel 4.1	Data Hasil Minyak Biji Bunga Matahari Tanpa Tambahan .....	33
Tabel 4.2	Data Hasil Minyak Biji Bunga Matahari + 0,05 gram Karbon Aktif .....	33
Tabel 4.3	Data Hasil Minyak Biji Bunga Matahari + 0,05 gram Antioksidan Belimbing	33
Tabel 4.4	Data Hasil Minyak Biji Bunga Matahari + 0,05 gram Karbon Aktif + 0,05 gram Antioksidan Belimbing .....	34



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi proses pembakaran.....	6
Gambar 2.2	Ilustrasi dan struktur api <i>premixed</i> bunsen.....	7
Gambar 2.3	Pembakaran Difusi.....	7
Gambar 2.4	(a) Struktur api <i>premixed</i> dalam tabung pembakaran (b) Struktur api <i>premixed</i> pada nosel bunsen .....	10
Gambar 2.5	Penentuan sudut $\theta$ .....	10
Gambar 2.6	Susunan ikatan molekul <i>triglyceride</i> .....	11
Gambar 2.7	Resonansi pada gugus karboksilat.....	13
Gambar 2.8	Diagram perbandingan energi aktivasi pada penambahan katalis dan tanpa katalis.....	14
Gambar 2.9	Struktur kimia karbon aktif.....	14
Gambar 2.10	Struktur <i>graphene</i> .....	15
Gambar 2.11	<i>Epicatechin</i> (-).....	16
Gambar 2.12	Gerakan ikatan rangkap pada karbon aktif .....	19
Gambar 2.13	Kontak karbon aktif dengan asam lemak.....	19
Gambar 2.14	Ikatan hidrogen pada <i>graphene</i> .....	20
Gambar 2.15	Proses oksidasi molekul bebas minyak biji bunga matahari.....	20
Gambar 2.16	Lintasan elektron pada rantai samping heksagonal <i>epicatechin</i> (-).....	21
Gambar 2.17	Adanya medan magnet lemah pada <i>epicatechin</i> memengaruhi ikatan pada asam linoleat.....	22
Gambar 2.18	Terbentuknya ikatan hidrogen baru antara <i>epicatechin</i> (-) dan asam linoleat .....	22
Gambar 3.1	(a) Tabung <i>premixed</i> dan <i>burner</i> (b) Dimensi tabung <i>premixed</i> dan <i>burner</i> .....	24
Gambar 3.2	Skema Instalasi Penelitian .....	26
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian .....	29
Gambar 4.1	(a) Visualisasi api minyak tanpa tambahan (b) Visualisasi api minyak + 0,05 gram karbon aktif (c) Visualisasi api minyak + 0,05 gram antioksidan belimbing (d) Visualisasi api minyak + 0,05 gram karbon aktif + 0,05 gram antioksidan belimbing.....	32
Gambar 4.2	Contoh perhitungan kecepatan api <i>premixed</i> .....	37
Gambar 4.3	Grafik pengaruh <i>equivalence ratio</i> terhadap kecepatan api <i>premixed</i> .....	38
Gambar 4.4	Ilustrasi resonansi dari karbon aktif yang bermedan magnet.....	39



Gambar 4.5 Ilustrasi struktur berlubang yang menarik atom pada asam lemak ..... 40

Gambar 4.6 Ilustrasi bentuk medan magnet yang terdapat pada epikatekin (-) ..... 41

Gambar 4.7 Ilustrasi ikatan hidrogen antara epikatekin (-) dan asam linoeat ..... 42

Gambar 4.8 Grafik pengaruh *equivalence ratio* terhadap kecepatan api *premixed* pada penambahan 0,05 gram antioksidan belimbing dan 0,05 gram antioksidan manggis ..... 43

Gambar 4.9 Grafik pengaruh *equivalence ratio* terhadap kecepatan api *premixed* pada penambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing dan antioksidan manggis..... 44



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Visualisasi Api dan Sudut Api *Premixed* pada Minyak Biji Bunga Matahari
- Lampiran 2 Hasil Perhitungan Minyak Biji Bunga Matahari Tanpa Tambahan
- Lampiran 3 Hasil Perhitungan Minyak Biji Bunga Matahari dengan Tambahan 0,05 gram Karbon Aktif
- Lampiran 4 Hasil Perhitungan Minyak Biji Bunga Matahari dengan Tambahan 0,05 gram Antioksidan Belimbing
- Lampiran 5 Hasil Perhitungan Minyak Biji Bunga Matahari dengan Tambahan 0,05 gram Karbon Aktif dan 0,05 gram Antioksidan Belimbing
- Lampiran 6 Alat Pengolah dan Ukuran Mesh Katalis Karbon Aktif dan Antioksidan Belimbing
- Lampiran 7 Data Hasil Perhitungan pada Antioksidan Manggis



## RINGKASAN

**Robby Putra Anggi**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2018, *Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Antioksidan Averrhoa Carambola terhadap Kecepatan Api Pembakaran Premixed Minyak Biji Bunga Matahari*, Dosen Pembimbing: I.N.G. Wardana dan Haslinda Kusumaningsih.

Minyak biji bunga matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan bakar pada proses pembakaran. Minyak nabati ini juga memiliki kandungan asam lemak tak jenuh yang lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan asam lemak jenuhnya. Namun minyak biji bunga matahari mempunyai nilai titik nyala api yang tinggi sehingga sulit untuk terbakar. Oleh karena itu, minyak ini memerlukan penambahan katalis berupa karbon aktif dan antioksidan guna mempercepat reaksi pembakaran. Karbon aktif dan antioksidan belimbing memiliki senyawa cincin heksagonal karbon pada molekul strukturnya. Dengan adanya senyawa cincin heksagonal, karbon aktif dan antioksidan belimbing dapat menghasilkan medan magnet sehingga mengakibatkan ikatan antar atom asam lemak menjadi semakin lemah. Karbon aktif juga mempunyai struktur berlubang yang mampu menarik molekul-molekul asam lemak sehingga asam lemak menjadi terputus dan bermuatan. Sedangkan antioksidan belimbing mampu menghasilkan interaksi spin hidrogen sehingga atom hidrogen pada asam lemak menjadi saling mengikat. Hal-hal tersebut dapat menyebabkan kecepatan pembakaran semakin meningkat.

Pada penelitian ini menggunakan metode pembakaran *premixed* dimana bahan bakar dan udara dicampur terlebih dahulu di ruang pencampur sebelum dibakar. Variasi yang digunakan yaitu minyak biji bunga matahari tanpa tambahan apapun, minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif, minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram antioksidan belimbing, serta minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif dan antioksidan pada minyak biji bunga matahari mampu mempercepat reaksi pembakaran yang ditunjukkan dengan meningkatnya kecepatan api pembakaran *premixed*. Dilihat dari hubungan antara kecepatan pembakaran api *premixed* dengan *equivalent ratio*, didapat dengan penambahan karbon aktif dan antioksidan paling tinggi diikuti dengan penambahan karbon aktif, penambahan antioksidan dan tanpa penambahan. Nilai maksimal kecepatan api pembakaran *premixed* dapat diurutkan dari yang paling tinggi ke paling rendah yaitu minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing sebesar 85,07 cm/s, diikuti dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif sebesar 74,57 cm/s, lalu dengan tambahan 0,05 gram antioksidan belimbing sebesar 66,17 cm/s, dan terakhir tanpa tambahan sebesar 60,94 cm/s.

**Kata Kunci:** Antioksidan Belimbing, Karbon Aktif, Kecepatan Api Pembakaran *Premixed*, Minyak Biji Bunga Matahari

## SUMMARY

**Robby Putra Anggi**, Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Universitas Brawijaya, Desember 2018, *Effect of Premixed Flame's Velocity on Sunflower Oil with Activated Carbon and Avertrhoa Carambola's Antioxidant Addition for Catalyzation*, Lecture's Mentor: I.N.G. Wardana dan Haslinda Kusumaningsih.

Sunflower oil was alternatively energy resource for combustion process. In the vegetable oil, this case Sunflower oil, the content of unsaturated fatty acid is more than the saturated one. Nonetheless, the flash point of the sunflower is too high for burn to happen. Therefore, the addition with activated carbon catalyst and antioxidant catalyst simplify the combustion to react. Due to hexagonal ring of carbon in the structure of the activated carbon and antioxidant, they are generating the magnetic field and affect another compound around. The effect of magnetic field weakened the bond of the fatty acid. Hollow structure in the activated carbon react to fatty acid by pull the molecule of acid and detaching it so the released molecule become have electron charge. For the starfruit's antioxidant, they make interaction of their hydrogen spin with the acid one. So, all of the factor before improved the process of the combustion.

In this research, the method is combustion with premixed fuel and air. The variable is: without treatment; with addition of 0,05 gram activated carbon treatment; with addition of 0,05 gram starfruit's antioxidant treatment and with addition of mixed 0,05 gram activated carbon and 0,05 gram starfruit's antioxidant treatment.

The result is the addition of activated carbon and starfruit's antioxidant improve the quality of flame velocity in premixed combustion that sunflower oil had. In the correlation of flame velocity and equivalent ration can be showed, the effect took the most in addition of mixed activated carbon and starfruit's antioxidant, followed by the addition of activated carbon, the addition of antioxidant and without treatment. Like before, it can be sorted from the highest to lowest value: with addition of mixed 0,05 gram activated carbon and 0,05 gram starfruit's antioxidant is the highest with 85,07 cm/s, followed by the addition of 0,05 gram activated carbon is 74,57 cm/s, the addition of antioxidant have value with 66,17 cm/s and the least is without treatment with value 60,94 cm/s.

**Keywords:** Activated Carbon, Flame Velocity Of Premixed Combustion, Starfruit's Antioxidant, Sunflower Oil

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini, proses pembakaran masih menjadi fokus utama dalam pembangkitan energi di dunia. Sumber energi utama yang digunakan saat ini adalah bahan bakar fosil dikarenakan dengan menggunakan reaksi eksotermis pada senyawa kimiawi pada bahan bakar fosil mampu menghasilkan *output* energi yang besar. Keuntungan yang didapat berupa kuantitas energi yang besar tiap volume; penanganan, penyimpanan dan pemindahan yang relative lebih mudah dan aman (El-Mahallawy, 2002). Namun, ketersediaan dari bahan bakar fosil itu sendiri mulai mengalami penurunan karena bahan bakar fosil jumlahnya terbatas di alam. Ketersediaan dari bahan bakar fosil mulai mengalami penurunan karena negara sendiri belum mampu memproduksi BBM secara mandiri. Dalam rentang tahun 2000-2014 produksi BBM menurun sebesar 0.80%. Penurunan produksi BBM disebabkan oleh produksi minyak mentah yang menurun. Rendahnya produksi BBM seiring dengan permintaan BBM untuk domestik semakin meningkat selama tahun 2000-2014. Selama selang tahun tersebut impor BBM meningkat sebesar 7.09% per tahun. Selama rentang tahun tersebut penyediaan BBM meningkat sebesar 1.74% per tahun. Peningkatan penyediaan BBM disebabkan oleh peningkatan impor BBM. Jika hal ini terus terjadi sampai negara tak mampu lagi mengimpor, maka akan terjadi krisis energi.

Salah satu solusi agar negara kita tidak mengalami krisis ketersediaan energi adalah menggunakan minyak nabati sebagai alternatif energi. Hal ini dikarenakan minyak nabati memiliki kesediaan yang tinggi dan mampu diperbaharui keberadaannya. Indonesia merupakan salah satu Negara dengan sumber daya alam yang melimpah, untuk memanfaatkan minyak nabati menjadi sumber energi alternatif yang dikonversikan menjadi etil-ester melalui proses trans-esterifikasi menjadi sangat mungkin untuk dilakukan. (Setijo Bismo, 2004). Minyak nabati memiliki nilai energi yang tinggi jika dilakukan proses pembakaran, juga masih mudah untuk dilakukan proses pengolahan menjadi bahan bakar.

Minyak nabati memiliki ikatan trigliserida dan asam lemak yang merupakan hidrokarbon, ikatan dasar pada bahan bakar agar terjadinya proses pembakaran. Masalah karena viskositas dan kepadatan minyak nabati yang memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda dari bahan bakar diesel harus dihilangkan dengan membuatnya kurang kental. Viskositas tinggi dari minyak nabati dan kecenderungannya untuk polimerisasi dalam

silinder adalah masalah utama yang dihadapi. Dengan tujuan ini, perlu untuk mendapatkan ester atau emulsi minyak nabati (Bhattacharya, 1994). Salah satu jenis minyak nabati yang paling banyak diteliti adalah minyak jarak, karena kegunaannya bukan merupakan sumber pangan, ramah lingkungan dan memiliki energi aktivasi yang lebih tinggi dibandingkan tanaman lain. Pengolahan minyak jarak dengan cara transesterifikasi untuk menjadi biodiesel mampu menjadikan minyak jarak sebagai salah satu sumber energi terbarukan (Said, 2010).

Suatu modifikasi dan pengembangan mengenai penggunaan minyak nabati khususnya minyak bunga matahari agar menjadi bahan bakar alternatif menjadi fokus utama saat ini. Hal ini dikarenakan bunga matahari bukan sumber pangan utama yang mampu diproduksi tiap tahunnya. Sesuai dengan standar untuk bahan bakar diesel, jika minyak biji bunga matahari dilakukan pemberian panas, titrasi, lalu dilakukan pengendapan, pemisahan dan pemurnian, maka didapat waktu reaksi yang cepat dan regangan optimum yang tinggi. Hal tersebut membuktikan minyak biji bunga matahari mampu menjadi biodiesel (Thirumarimurugan, 2012).

Beberapa penelitian menyebutkan senyawa karbon aktif memiliki peran penting dalam penguraian minyak nabati agar kualitas dari hasil pembakaran meningkat. Penelitian dari Rahadian (2016) membuktikan adanya perbaikan karakteristik pembakaran dikarenakan struktur dan bentuk karbon aktif menjadi katalis reaksi pembakaran pada minyak jarak. Hal tersebut menjadi acuan penambahan antioksidan pada proses pembakaran pada minyak biji bunga matahari.

Sebagai bentuk pengembangan teknologi guna menghadapi masalah pengembangan pembangkitan energi mandiri untuk negara Indonesia, energi alternatif dari minyak nabati merupakan salah satu solusinya. Maka, minyak biji bunga matahari bisa menjadi pengganti bahan bakar minyak. Dengan diadakannya modifikasi yaitu penambahan karbon aktif untuk mempercepat reaksi dan senyawa antioksidan sebagai katalis secara *premixed*, diharapkan mampu mempercepat reaksi pembakaran dari bahan bakar minyak biji bunga matahari.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah yang membahas bagaimana pengaruh karbon aktif dan antioksidan *Averrhoa carambola* terhadap kecepatan api pembakaran *premixed* minyak biji bunga matahari (*Sunflower Seed Oil*).

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

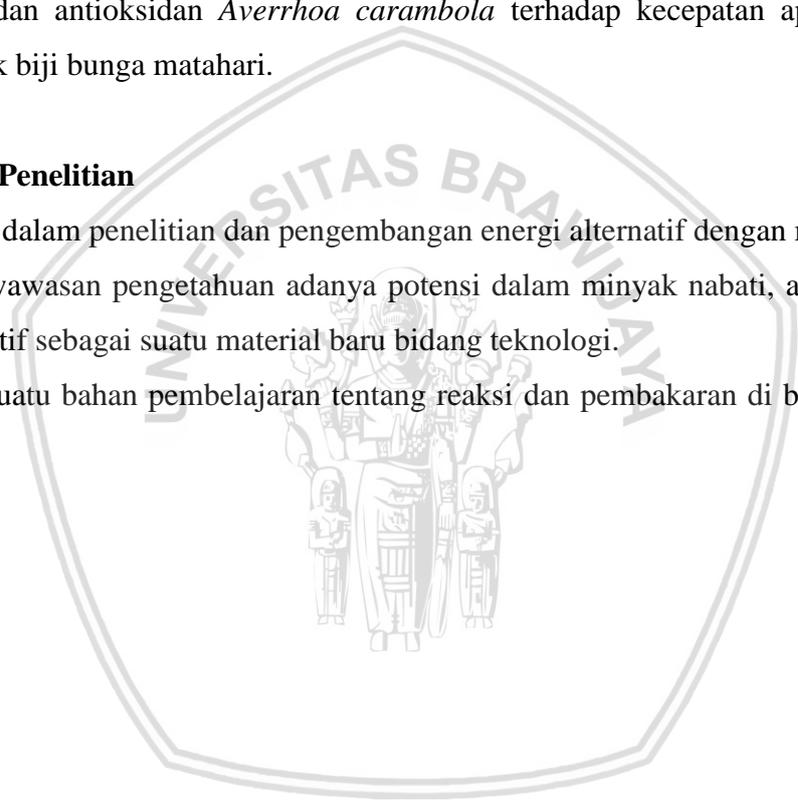
1. Tekanan udara pada proses pengujian adalah 1 atm.
2. Suhu ruangan pengujian berkisar 25°C – 30°C.
3. Proses pembakaran yang terjadi dianggap berada pada kondisi adiabatis, dimana tidak ada kalor yang terbuang.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya pengaruh penambahan karbon aktif dan antioksidan *Averrhoa carambola* terhadap kecepatan api pembakaran *premix* minyak biji bunga matahari.

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Referensi dalam penelitian dan pengembangan energi alternatif dengan minyak nabati.
2. Sebagai wawasan pengetahuan adanya potensi dalam minyak nabati, antioksidan dan karbon aktif sebagai suatu material baru bidang teknologi.
3. Sebagai suatu bahan pembelajaran tentang reaksi dan pembakaran di bidang konversi energi.





## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Sebelumnya, Ridho (2016) telah melakukan pengujian kecepatan api dengan cara memisahkan kandungan gliserol pada minyak biji bunga matahari pada pembakaran *premixed* lalu membandingkannya dengan kecepatan api minyak biji bunga matahari mentah. Kesimpulan yang dapat diambil adalah gliserol berperan sebagai akumulator panas yang menyerap panas pembakaran, menyebabkan terjadinya pembakaran asam lemak sehingga kecepatan api pembakaran *premixed* minyak biji bunga matahari mentah lebih rendah bila dibandingkan dengan minyak biji bunga matahari tanpa gliserol.

Penelitian Munif (2017), menyimpulkan adanya *interfacial instability* pada minyak biji bunga matahari dalam *hele shaw cell* karena pengaruh penambahan antioksidan kunyit. Reaksi yang paling tinggi dapat dibuktikan dengan reaktifnya fluida pada *hele shaw cell* dilihat pada pertambahan bidang luas kontakannya pada saat penambahan persentase antioksidan kunyit 0,5%.

Restuaji dan Santoso (2014) meneliti tentang adanya pengaruh karbon aktif terhadap reaksi transesterifikasi pada minyak kemiri sunan. Dengan melakukan penambahan karbon aktif sebanyak 0,25; 0,5 dan 1 gram, didapat adanya pengaruh terhadap reaksi transesterifikasi minyak kemiri yang telah diperlakukan dengan kitosan. Semakin banyak kadar karbon aktif yang diberikan, maka massa dan *yield* biodiesel yang didapat semakin kecil.

Shui dan Leong (2004) menjelaskan adanya aktivitas antioksidan pada buah belimbing saat dilakukan pengujian dengan berbagai metode dibanding buah lainnya. Kondisi ekstraksi yang dioptimalkan menyebabkan terjadinya residu sekitar 70% dari total aktivitas antioksidan dan isi polifenol total. Kandungan tinggi fenolik dari belimbing dan besarnya aktivitas antioksidan residu dari ekstrak belimbing menunjukkan kemampuan antioksidan belimbing sebagai sebuah katalis.

### 2.2 Pembakaran

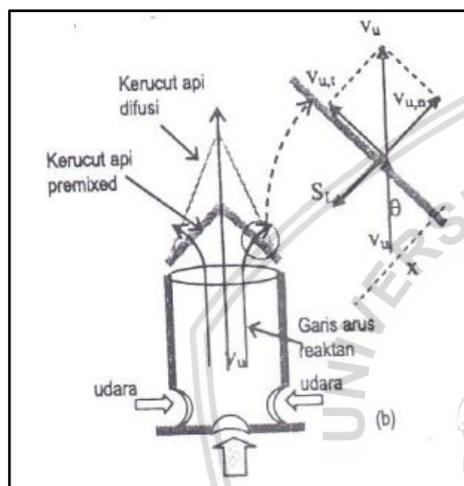
Pembakaran merupakan reaksi kimia yang dimulai adanya reaksi ekstermis secara tiba-tiba. Adanya konduksi panas, difusi kimiawi dan aliran gas dalam jumlah besar



## 2.2.2 Jenis-Jenis Pembakaran

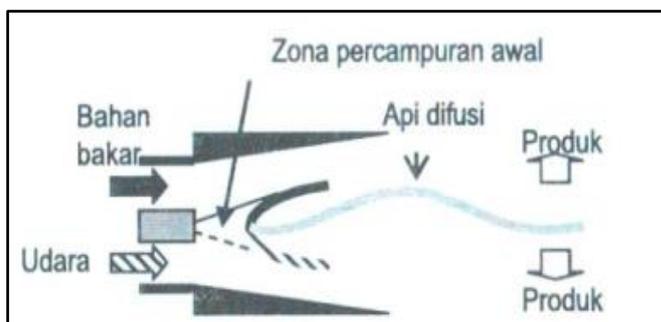
### 2.2.2.1 Pembakaran *Premixed*

Pembakaran *premixed* adalah proses pembakaran dimana reaktan (bahan bakar dan udara) telah bercampur sebelum masuk ke zona pembakaran. Bahan bakar dan pengoksidasi bercampur secara sempurna dan kemudian terbakar di zona reaksi. Proses reaksi ini berlangsung sangat cepat, dan setelah melewati zona reaksi reaktan menjadi produk. Gerakan api *premixed* adalah merambat menuju ke arah datangnya reaktan. Apabila kecepatan rambat api sama dengan kecepatan reaktan maka akan menghasilkan api pada zona pembakaran yang stasioner.



Gambar 2.2 Ilustrasi dan struktur api *premixed* pada bunsen  
Sumber: Wardana (2008)

Pada pembakaran *premixed* dengan bunsen, api *premixed* berbentuk kerucut, kerucut sebelah dalam merupakan kerucut api *premixed*, sedangkan kerucut bagian luar adalah kerucut api difusi. Kerucut luar terbentuk akibat adanya bahan bakar yang belum terbakar sempurna pada api *premixed* dan tercampur kembali dengan udara sekitar sehingga terbakar secara difusi. Gambar 2.2 menggambarkan skema aliran reaktan campuran udara dan bahan bakar pada pembakaran *premixed*.



Gambar 2.3 Pembakaran difusi  
Sumber: Wardana (2008)

### 2.2.2.2 Pembakaran Difusi

Pembakaran difusi merupakan proses pembakaran dimana bahan bakar dan oksigen bercampur tepat pada zona pembakaran, dan tidak terjadi pencampuran pada zona sebelum pembakaran. Api pembakaran difusi tidak dapat merambat ke arah bahan bakar karena kekurangan oksigen, dan tidak merambat ke arah oksigen karena kekurangan bahan bakar. Posisi api difusi adalah tepat pada daerah pencampuran udara dan bahan bakar stokiometri. Ilustrasi pembakaran difusi dapat dilihat pada Gambar 2.3.

### 2.2.3 Rasio Udara dan Bahan Bakar

Salah satu parameter penting lainnya dalam proses pembakaran ialah rasio udara dan bahan bakar (*air/fuel ratio*, disingkat *AFR*) :

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

Sumber: Wardana (2008)

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

Sumber: Wardana (2008)

Dimana:

N = Jumlah mol

M = Massa molekul

Metode lain yang dapat dilakukan dalam menghitung perbandingan udara dan bahan bakar dalam reaksi pembakaran yaitu dengan menggunakan massa molar langsung. Amedeo avogadro, ilmuwan kimia, menjelaskan bahwa setiap satu gram zat apa pun yang mengandung  $6,022 \times 10^{23}$  sma (satuan massa atom) yang dimana bilangan  $6,022 \times 10^{23}$  sma merupakan bilangan avogadro. Satu mol yang terdapat pada suatu zat mempunyai jumlah yang massanya sama dengan massa molekul atau massa atom dari zat tersebut yang dinyatakan dalam kilogram atau gram.

Tabel 2.1  
Massa Molar Unsur

Atom/Molekul	Massa Molekul (sma)	Massa Molar (gram)
C	12,01	12,01
H	1,01	1,01
O <sub>2</sub>	32	32
N <sub>2</sub>	28,02	28,02

Sumber: Wardana (2008)

Suatu reaksi pembakaran yang terjadi antara bahan bakar hidrokarbon dengan pengoksida udara, terdapat atom-atom atau molekul-molekul yang terlibat dalam reaksi pembakaran. Atom-atom atau molekul-molekul tersebut yakni karbon (C), hidrogen (H),

oksigen (O<sub>2</sub>), dan nitrogen (N<sub>2</sub>). Massa molar dari atom-atom atau molekul-molekul tersebut dapat diketahui melalui Tabel 2.1.

Untuk mendapatkan pembakaran sempurna atau secara stoikiometri sangat sulit untuk dilakukan. Karena hal ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, dan konstruksi alat pembakaran, oleh karena itu dibutuhkan perhitungan AFR aktual:

$$AFR_{\text{aktual}} = \frac{Q_{\text{udara}} \times \rho_{\text{udara}}}{\dot{m}_{\text{bb}}} \quad (2-5)$$

Sumber: Wardana (2008)

Dimana:

$Q_{\text{udara}}$  = Debit aliran udara (liter/menit)

$\rho_{\text{udara}}$  = Massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

$\dot{m}_{\text{bb}}$  = Massa alir bahan bakar (kg/s)

Rasio ekuivalen merupakan perbandingan antara nilai campuran bahan bakar dan udara stoikiometri terhadap rasio campuran bahan bakar udara aktual. Persamaan untuk menghitung ratio ekuivalen adalah:

$$\Phi = \frac{AFR_{\text{stoich}}}{AFR_{\text{aktual}}} \quad (2-6)$$

Sumber: Wardana (2008)

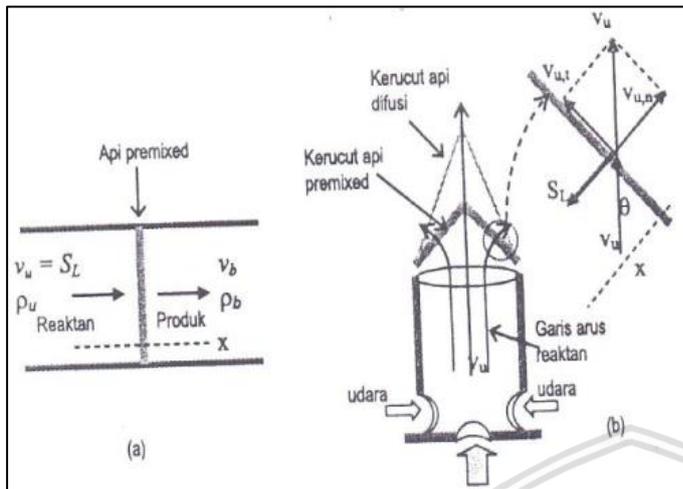
AFR aktual didapatkan dari hasil perhitungan AFR penelitian dengan cara membagi massa alir udara dengan massa alir bahan bakar. Massa alir bahan bakar dapat diperoleh dari debit aliran bahan bakar dikalikan dengan densitas bahan bakar. Sedangkan massa alir udara diperoleh dari debit udara yang diperoleh dikalikan densitas udara.

- $\Phi < 1$  adalah campuran miskin bahan bakar (*fuel lean mixture*).
- $\Phi > 1$  adalah campuran kaya bahan bakar atau kelebihan bahan bakar (*fuel rich mixture*).
- $\Phi = 1$  adalah campuran stoikiometri.

#### 2.2.4 Kecepatan Pembakaran Api

Kecepatan api pembakaran merupakan kecepatan rambatan gelombang laminar api yang menuju kearah datangnya reaktan. Vektor kecepatan api pembakaran disimbolkan dengan ( $S_L$ ), sedangkan vektor kecepatan gas reaktan disimbolkan dengan ( $V_u$ ). Garis arus reaktan pada pembakaran *premixed* dengan bunsen membelok di dekat api, karena sifat fluida cenderung mengalir ke kerapatan yang lebih rendah. Kerapatan gas reaktan akan berkurang 10 kali akibat kenaikan suhu yang mencapai sekitar 3000K. Sehingga garis kecepatan reaktan ( $V_u$ ) tidak hanya ke arah atas, tetapi juga ke arah samping (berbelok), dan

tegak lurus dengan permukaan api. Sehingga, vektor  $V_u$  pada api *premixed* bunsen berbentuk kerucut. Perubahan arah aliran gas reaktan dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 (a) Struktur api *premixed* dalam tabung (b) Struktur api *premixed* pada nosel bunsen  
Sumber: Wardana (2008)

Pada pembakaran api bunsen akan berada dalam keadaan yang stasioner ketika kecepatan rambat api ( $S_L$ ) sama dengan kecepatan gas reaktan ( $V_u$ ), diilustrasikan pada Gambar 2.4. Kecepatan api *premixed* dapat dihitung dengan rumusan berikut:

$$S_L = V_u \sin\theta \quad (2-7)$$

Sumber: Wardana (2008)

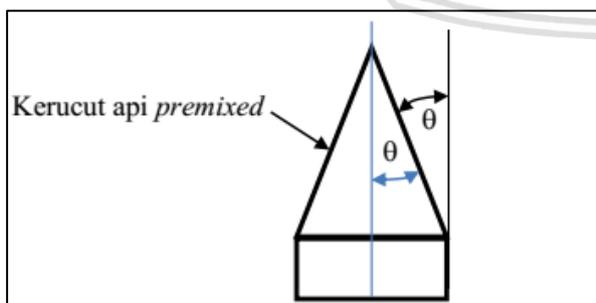
Dimana:

$S_L$  = Kecepatan api *premixed* (cm/s)

$V_u$  = Kecepatan reaktan (cm/s)

$\theta$  = Sudut antara api dengan sumbu nosel

Sudut  $\theta$  didapatkan dari garis arus reaktan (garis lurus vertikal) dengan garis kemiringan api yang terjadi. Cara menentukan sudut  $\theta$  dapat dijelaskan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Penentuan sudut  $\theta$

Kecepatan reaktan dihitung dengan rumus:

$$V_u = \frac{\dot{m}}{\rho_u A} \quad (2-8)$$

Sumber: Wardana (2008)

Dimana:

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

$\rho_u$  = Densitas reaktan (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = Luas penampang lintang nosel (m<sup>2</sup>)

Berdasarkan rumusan diatas, dapat dilihat bahwa terdapat dua komponen yang mempengaruhi perhitungan kecepatan api pembakaran, yaitu kecepatan aliran gas reaktan dan sudut api hasil pembakaran.

### 2.3 Minyak Biji Bunga Matahari

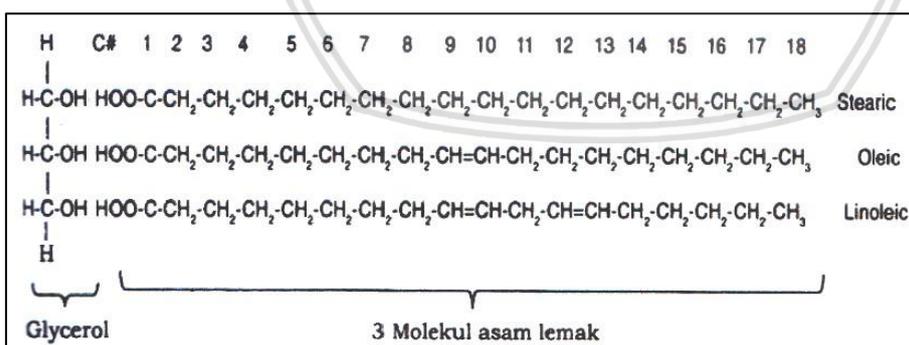
Minyak biji bunga matahari dihasilkan dari ekstraksi biji tanaman bunga matahari (*Helianthus annus L.*). Minyak ini memiliki campuran lemak tak jenuh tunggal dan tak jenuh ganda dengan konstituen utama asam oleat dan asam linoleat. Jenis minyak biji bunga matahari yang dihasilkan tidak terlepas dari kondisi genetic bunga dan iklim setempat. Minyak biji bunga matahari diklasifikasikan ke dalam 3 jenis, yaitu kadar asam oleat tinggi, sedang dan rendah. Kita bisa mengetahui komposisi kandungan utama minyak biji bunga matahari pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2

Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Bunga Matahari

Asam Lemak	%
Asam Stearat	1-7
Asam Palmitat	4-9
Asam Oleat	14-40
Asam Linoleate	48-74

Sumber: Mahesh (2016)



Gambar 2.6 Susunan ikatan molekul *triglyceride*

Sumber: Wardhana (2008)

Minyak nabati adalah minyak yang bahan dasar pembuatannya berasal dari tumbuhan, proses pembuatannya dengan mengekstrak kandungan minyak murni yang dimiliki oleh tumbuhan tersebut. Minyak nabati tersusun dari gabungan molekul-molekul trigliserida dan 3 cabang asam lemak (Wardhana, 2008). Asam lemak adalah rantai hidrokarbon lurus dan panjang yang memiliki 12 sampai 24 atom karbon. Asam lemak dari tumbuhan merupakan

ikatan tak jenuh dengan satu atau lebih ikatan rangkap antar atom karbon, dan pada suhu ruang berwujud cair. Asam lemak yang memiliki satu ikatan rangkap disebut *mono-unsaturated*, sedangkan asam lemak dengan ikatan rangkap yang lebih dari satu disebut *poly-unsaturated*. Susunan ikatan *triglyceride* dapat di lihat pada Gambar 2.6.

Hampir 12,6% produksi minyak nabati dunia dipenuhi dari biji bunga matahari. Bunga matahari sebagai tanaman penghasil minyak yang unggul karena kandungan minyak yang tinggi 25-50%. Biji diproses melalui pengepresan dingin, dilanjutkan dengan pengepresan panas. Minyak hasil pengepresan dingin digunakan untuk salad, minyak masak dan mentega, sedangkan pengepresan panas sebagian besar untuk industri cat, plastik dan sabun (Litbang, 2010). Potensi pemanfaatan minyak biji bunga matahari masih sangat luas, salah satunya sebagai bahan baku pembuatan *biodiesel* sebagai bahan bakar alternatif yang terbarukan. Dengan sedikit modifikasi kualitas biodiesel dari minyak biji bunga matahari akan setara dengan minyak bumi.

Beberapa jenis minyak nabati memiliki sifat fisik yang hampir sama. Sifat fisik pada beberapa jenis minyak nabati ditampilkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3  
Sifat Fisik Beberapa Jenis Minyak Nabati

Sifat Fisik	Minyak Biji Lobak	Minyak Bunga Matahari	Minyak Kedelai	Minyak Sawit
Densitas (gr/ml)	0.871	0.873	0.870	0.842
Viskositas (cSt)	4.43	4.30	4.12	5.15
Titik nyala (°C)	178	182	18	179
Titik alir (°C)	-13	-5	-2	12
Titik kabut (°C)	-4	1	1	18

Sumber: Wardana (2008)

## 2.4 Hidrokarbon Jenuh dan Tak Jenuh

### A. Hidrokarbon jenuh

Hidrokarbon jenuh adalah hidrokarbon yang hanya mengandung ikatan tunggal antara atom karbon. Akibatnya, setiap atom karbon terikat sebanyak atom hidrogen yang mungkin. Hidrokarbon jenuh diberi nama umum alkana. Nama alkana tertentu selalu diakhiri dengan -ana dan memiliki awalan yang menunjukkan berapa banyak atom karbon yang dimilikinya. Hidrokarbon dapat membentuk rantai lurus, rantai bercabang, atau cincin

### B. Hidrokarbon tak jenuh

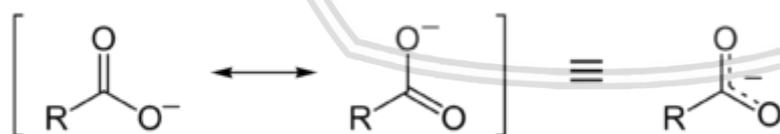
Hidrokarbon tak jenuh adalah hidrokarbon dengan setidaknya salah satu memiliki dua atau tiga ikatan antara atom karbon. Alkena adalah hidrokarbon jenuh dengan setidaknya satu ikatan rangkap antara atom karbon. Hidrokarbon aromatik adalah hidrokarbon siklik

jenuh dengan ikatan tunggal dan ganda selang seling antara atom karbon. Alkuna adalah hidrokarbon jenuh dengan setidaknya satu ikatan rangkap tiga antara atom karbon. Disbanding dengan ikatan jenuh, ikatan tak jenuh memiliki ikatan yang kurang stabil sehingga mudah bereaksi.

## 2.5 Resonansi

Dalam kimia, resonansi atau mesomerisme merupakan penggunaan dua atau lebih struktur Lewis untuk menggambarkan molekul tertentu. Struktur resonansi adalah salah satu dari dua atau lebih struktur Lewis untuk satu molekul yang tidak dapat dinyatakan secara tepat dengan hanya menggunakan satu struktur Lewis. Tanda panah dua arah menyatakan bahwa struktur-struktur yang diberikan merupakan struktur resonansi. Masing-masing struktur resonansi dapat melambangkan struktur Lewis, dengan hanya satu ikatan kovalen antara masing-masing pasangan atom. Beberapa struktur Lewis digunakan bersama-sama untuk menjelaskan struktur molekul. Namun struktur tersebut tidak tetap, melainkan ada sebuah osilasi antara ikatan rangkap dengan elektron, saling berbolak-balik. Maka dari itu disebut dengan resonansi.

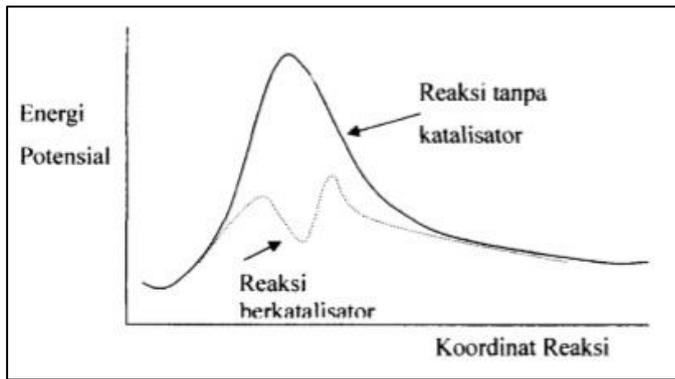
Dalam kasus ion adalah hal biasa untuk berbicara mengenai muatan terdelokalisasi (delokalisasi muatan). Contoh muatan terdelokalisasi dalam ion dapat ditemukan pada gugus karboksilat seperti pada Gambar 2.7, dimana muatan negatif berpusat merata pada dua atom oksigen. Delokalisasi muatan dalam anion merupakan faktor penting yang menentukan reaktivitasnya (umumnya: semakin tinggi tingkat delokalisasi, semakin rendah reaktivitasnya) dan, khususnya, kekuatan asam pada asam konjugat mereka.



Gambar 2.7 Resonansi pada gugus karboksilat

## 2.6 Katalis

Katalis merupakan suatu zat yang dapat mempengaruhi laju dari suatu reaksi. Katalis dapat berperan dalam peningkatan laju suatu reaksi dengan menurunkan energi aktivasi suatu reaksi (Widjajanti, 2005). Diagram ilustrasi perbandingan penurunan energi aktivasi dengan adanya katalis ditunjukkan pada Gambar 2.8.

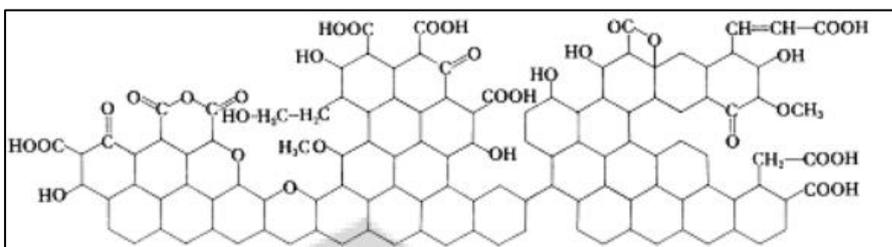


Gambar 2.8 Diagram perbandingan energi aktivasi pada penambahan katalis dan tanpa katalis  
Sumber: Widjajanti (2005)

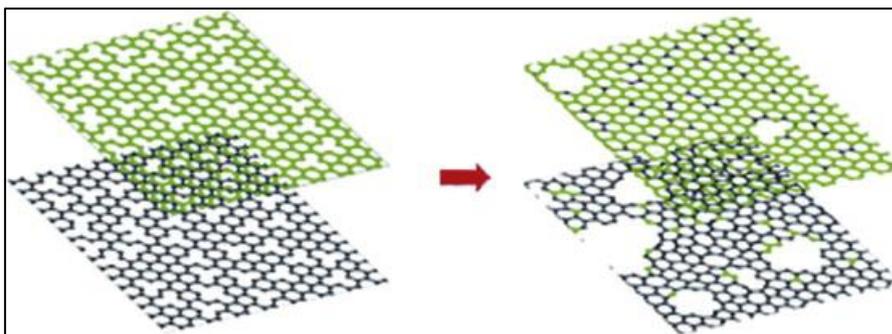
### 2.6.1 Karbon Aktif

Ditinjau dari jumlah fasa yang ikut terlibat dalam suatu reaksi, katalis dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu, katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang memiliki fasa sama dengan zat pereaksi. Sedangkan katalis heterogen memiliki fasa yang berbeda dengan zat pereaksi dan umumnya berwujud padatan. Laju reaksi pada penambahan katalis bergantung pada aktifitas katalitik katalis, semakin besar aktifitas katalik maka laju reaksi akan semakin cepat.

Karbon aktif adalah salah satu jenis katalis yang dihasilkan dari pirolisis arang pada suhu  $600^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$ . Karbon memiliki luas permukaan yang luar biasa besar dan volume pori, sehingga karbon aktif memiliki daya serap yang sangat baik (Purwanto *et al*, 2013). Keunggulan karbon aktif adalah daya serap dan kapasitas yang besar karena struktur pori dan adanya gugus fungsional kimiawi dipermukaan karbon aktif seperti  $\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{C}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}$ . Karena daya adsorpsi yang baik, karbon aktif sering digunakan dalam proses pemurnian limbah organik (Slamet *et al*, 2006). Komposisi unsur karbon aktif yang diperoleh dari bahan awal dari alam terdiri dari 85-90% C, 0.5% H, 0.5% N, 5% O, 1% S. Contoh susunan dari karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Struktur kimia karbon aktif  
Sumber: Sudibandriyo (2013)



Gambar 2.10 Struktur *graphene*  
Sumber: Liu (2015)

Pada Gambar 2.10, dijelaskan bahwa karbon aktif merupakan sebuah grafit yang tersusun dari lembaran-lembaran *graphene*. *Graphene* merupakan sebuah alotrop karbon aktif dalam bentuk kisi heksagonal dengan ketebalan satu atom. *Graphene* bersifat mampu memperbaiki struktur seandainya bila terjadi kontak dengan molekul yang mengandung karbon (Konstantine N, 2012). Karbon aktif memiliki struktur ikatan kimia heksagonal dan berbentuk cincin dengan ikatan enam buah atom karbon.

Bahan-bahan yang umum digunakan dalam pembuatan karbon aktif dengan kandungan karbon yang besar diantaranya yaitu batok kelapa, sekam, kayu, batu bara, dan residu minyak tanah. Bahan-bahan tersebut dikonversi menjadi karbon aktif dengan cara aktivasi fisik (*physical activation*) yaitu menggunakan metode dekomposisi termal dalam tungku pembakaran dimana atmosfer dan panasnya dikendalikan atau dengan cara aktivasi kimia (*chemical activation*) yaitu menambahkan zat asam atau basa dengan cara mereaksikannya dengan karbon aktif.

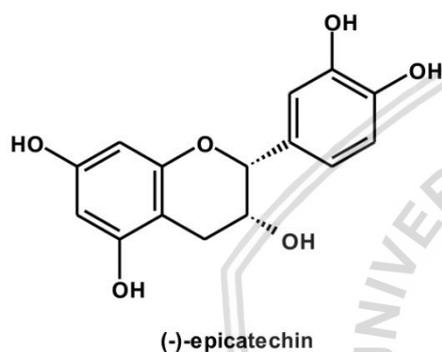
### 2.6.2 Antioksidan Buah Belimbing

Secara kimia senyawa antioksidan adalah senyawa pemberi elektron (elektron donor). Secara biologis, pengertian antioksidan adalah senyawa yang dapat menangkal atau meredam dampak negatif oksidan. Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut dapat di hambat (Winarti, 2010).

Proses oksidasi tidak saja terjadi dalam tubuh manusia tetapi juga dapat terjadi dalam makanan. Komponen makanan yang paling mudah mengalami oksidasi adalah lemak. Antioksidan merupakan senyawa yang ditambahkan kedalam lemak atau makanan berlemak untuk mencegah terjadinya proses oksidasi dapat memperpanjang kesegaran dan parabilitas dari makanan tersebut.

Belimbing buah (*Averrhoa carambola*) merupakan tanaman dari keluarga *Oxalidaceae* yang banyak tumbuh di hutan tropis kawasan Asia Tenggara dan sub-kontingen India. Tanaman ini menyebar di negara-negara Asia Timur dan Kepulauan Mikronesia dan menjadi populer di benua Amerika sebagai ornamen (Morton, 1987).

*Carambola* kaya akan antioksidan seperti zat fenolik dan flavonoid. Shui dan Leong (2004), pada penelitiannya kandungan zat antioksidan yang paling banyak pada buah belimbing adalah *proanthocyanidin* dan *epicatechin* (-). Kedua zat tersebut berperan penting sebagai pencegah adanya radikal bebas dan *lipeperoksidasi*. Banyaknya kandungan zat antioksidan pada buah belimbing menyebabkan timbulnya berbagai aktivitas antioksidan di dalam buah belimbing (Lim dan Lee et al, 2013).



Gambar 2.11 *Epicatechin* (-)  
Sumber: Kofink (2006)

*Epicatechin* ( $C_{15}H_{14}O_6$ ) adalah flavonoid pada tanaman berkayu dalam bentuk (+) katekin dan (-) *epicatechin* (cis). Katekin sendiri merupakan polifenol yang kuat dan larut dalam air, juga antioksidan yang mudah teroksidasi. Dari espectra NMR-nya, *epicatechin* berada dalam posisi trans. Strukturnya dapat dilihat pada Gambar 2.11.

## 2.7 Emisi Cahaya

Cahaya merupakan suatu bentuk energi radiasi yang memiliki sifat sebagai gelombang dan partikel. Sifat sebagai gelombang dapat dilihat dengan kemampuan dari cahaya untuk dibiaskan dan dipantulkan melalui suatu media, sedangkan sifat sebagai partikel dapat dilihat dengan terjadinya efek foto listrik (Triyati, 1985). Energi radiasi terdiri dari sejumlah besar gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda-beda.

### 2.7.1 Spektrum Cahaya

Spektrum cahaya tampak terdiri dari komponen-komponen merah, jingga, kuning, hijau, biru dan ungu, dimana masing-masing warna mempunyai panjang gelombang yang

berbeda. Satuan yang banyak dipergunakan untuk menyatakan panjang gelombang adalah Angstrom,  $1 \text{ \AA} = 10^{-10}$  meter.

Perkiraan panjang gelombang dan frekuensi cahaya tampak dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4

Panjang Gelombang Dan Frekuensi Dari Warna Cahaya Tampak

Warna	Interval Panjang Gelombang (nm)	Interval Frekuensi (THz)
Merah	700-635	430-480
Oranye	635-590	480-510
Kuning	590-560	510-540
Hijau	560-490	540-610
Biru	490-450	610-670
Ungu	450-400	670-750

Sumber: Bharadwaj (2014)

Efek foto listrik merupakan bukti bahwa sifat cahaya sebagai partikel. Efek foto listrik adalah sebuah peristiwa dimana elektron akan keluar dari permukaan logam ketika cahaya dengan frekuensi yang tinggi datang pada permukaan logam tersebut. Einstein mengemukakan bahwa cahaya yang datang pada permukaan logam tidak berbentuk gelombang elektromagnetik, melainkan dalam bentuk partikel yang disebut foton. Setiap foton bervibrasi dengan frekuensi  $f$  dan memiliki energi  $E = hf$ . Notasi  $f$  menunjukkan frekuensi dan  $h$  menunjukkan konstanta Planck ( $6,6 \times 10^{-34}$ ).

### 2.7.2 Energi Pancar

Karena radiasi elektromagnetik (EM) dapat dikonseptualisasikan sebagai aliran foton, energi radiansi dapat dilihat sebagai energi yang dibawa oleh foton. Radiasi EM memiliki berbagai frekuensi. Dalam foton, energi yang dibawa oleh setiap foton sebanding dengan frekuensinya. Dalam gambar gelombang, energi gelombang monokromatik sebanding dengan intensitasnya. Ini menyiratkan bahwa jika dua gelombang EM memiliki intensitas yang sama, tetapi frekuensi yang berbeda, frekuensi satu dengan frekuensi yang lebih tinggi mengandung lebih sedikit foton, karena setiap foton lebih energik.

Ketika gelombang EM diserap oleh suatu objek, energi dari gelombang diubah menjadi panas (atau diubah menjadi listrik jika ada bahan fotolistrik). Seringkali fenomena ini dikaitkan terutama dengan radiasi inframerah, tetapi segala jenis radiasi elektromagnetik akan menghangatkan objek yang menyerapnya. Gelombang EM juga dapat dipantulkan atau tersebar, dalam hal ini energi mereka diarahkan atau didistribusikan kembali juga.

Dalam fotometri, energi pancar adalah energi cahaya yang dapat diterima oleh indera penglihatan, terkadang disebut kuantitas cahaya. Energi pancar tidak sama dengan energi

radiansi yang membahas kuantitas fisik objek. Ini karena mata manusia hanya bisa melihat cahaya dalam spektrum yang terlihat dan memiliki kepekaan yang berbeda terhadap cahaya dari panjang gelombang yang berbeda dalam spektrum. Cahaya dengan jumlah energi radiansi yang diberikan pada suatu daerah spektrum memiliki energi yang lebih maka dianggap lebih bercahaya.

### 2.7.3 Hukum Perpindahan Wien

Hukum perpindahan Wien menyatakan bahwa kurva radiasi tubuh benda hitam untuk puncak temperatur yang berbeda pada panjang gelombang yang berbanding terbalik dengan temperatur. Pergeseran puncak dipengaruhi langsung dari hukum radiasi Planck, yang menggambarkan kecerahan spektrum radiasi tubuh hitam sebagai fungsi panjang gelombang pada suhu tertentu. Namun, telah ditemukan oleh Wilhelm Wien beberapa tahun sebelum Max Planck mengembangkan persamaan yang lebih umum, dan menggambarkan keseluruhan pergeseran spektrum radiasi benda hitam ke arah panjang gelombang yang lebih pendek seiring dengan peningkatan suhu.

Hukum pemindahan Wien menyatakan bahwa pancaran sinar radiasi tubuh hitam per satuan panjang gelombang, memuncak pada panjang gelombang  $\lambda_{\max}$  yang ditunjukkan dengan rumus:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} \quad (2-9)$$

Sumber: Bharadawajh (2014)

Dimana:

T = Temperatur absolut (K)

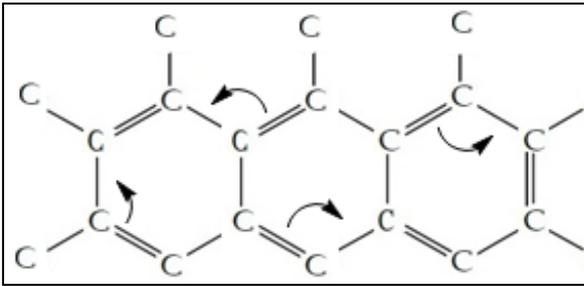
$\lambda_{\max}$  = Panjang gelombang cahaya ( $\mu\text{m}$ )

b = Konstanta perpindahan Wien =  $2900 \mu\text{m.K}$

## 2.8 Kerangka Konsep Penelitian

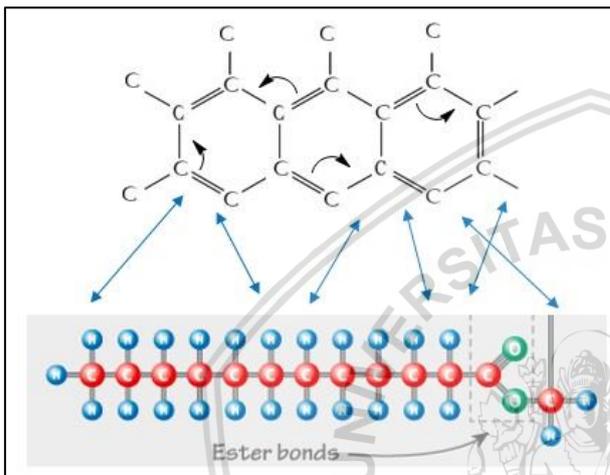
### 2.8.1 Pengaruh Katalis Karbon Aktif terhadap Minyak Biji Bunga Matahari

Pada penelitian ini digunakan senyawa karbon aktif sebagai zat tambahan yang diharapkan mampu meningkatkan kecepatan api minyak biji bunga matahari sebagai bahan bakar. Karbon aktif memiliki ikatan rangkap yang bersifat tidak terlokalisasi, yang artinya posisinya akan selalu berpindah dari satu posisi ke posisi lain yang dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Gerakan ikatan rangkap pada karbon aktif

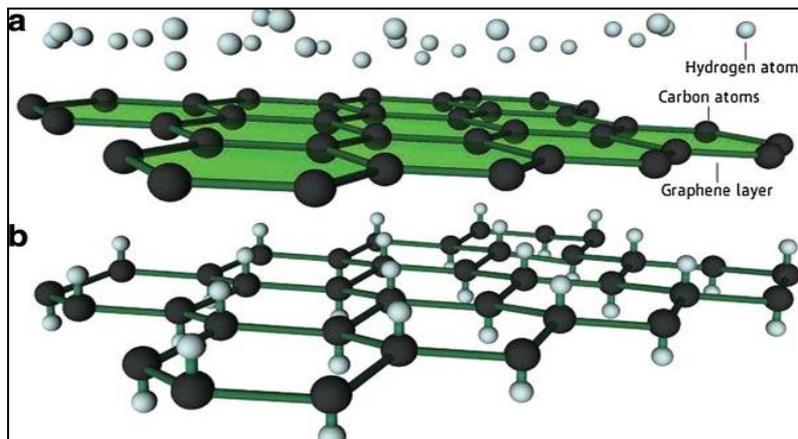
Peristiwa ini mengakibatkan karbon aktif memiliki medan magnet lemah yang dapat mengganggu kestabilan ikatan pada struktur kimia minyak biji bunga matahari.



Gambar 2.13 Kontak karbon aktif dengan asam lemak

Gambar 2.13 menjelaskan karbon aktif mampu memperbaiki sprei *graphene* ketika mengalami kerusakan dengan mengikat atom karbon dari senyawa lain, sehingga memicu atom karbon pada minyak biji bunga matahari untuk terurai. *Graphene* pada karbon aktif ini akan mendapatkan atom karbon dari trigliserida yang mengakibatkan beberapa atom hidrogen menjadi radikal bebas. Molekul-molekul bebas bermuatan ini menjadi aktif dan sangat mudah bereaksi karena perbedaan potensial yang dimiliki.

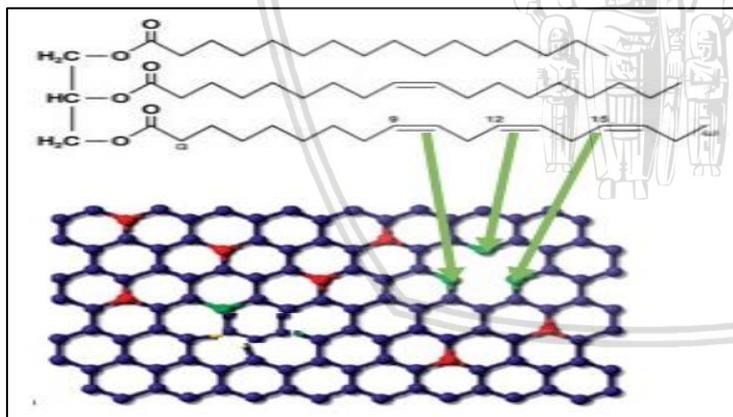
Sebagian atom hidrogen bebas ini akan berikatan dengan atom karbon pada *graphene* dan membentuk suatu alotrop yang disebut *graphane*, dan sebagian lainnya tetap menjadi radikal bebas. Atom hidrogen yang berikatan dengan atom karbon pada *graphene* memunculkan sifat magnetik pada molekul *graphene* (Os. Jorge, 2016).



Gambar 2.14 Ikatan hidrogen pada *graphane*

Sumber: Os. Jorge (2016)

Sifat magnetik yang terbentuk dari karbon aktif ini akan mengakibatkan elektron-elektron trigliserida keluar dari orbitnya, sehingga ikatan kimia pada trigliserida menjadi lebih lemah. Dengan melemahnya ikatan-ikatan antar atom pada minyak biji bunga matahari karena lompatan elektron yang terjadi, penguraian atau proses aktivasi molekul-molekul asam lemak dan gliserol menjadi lebih mudah. Setelah terurainya molekul pada minyak biji bunga matahari, terjadilah proses oksidasi antara atom atau molekul yang telah bermuatan dengan oksidator. Ikatan yang terbentuk salah satunya adalah ikatan hidrogen seperti pada Gambar 2.14.



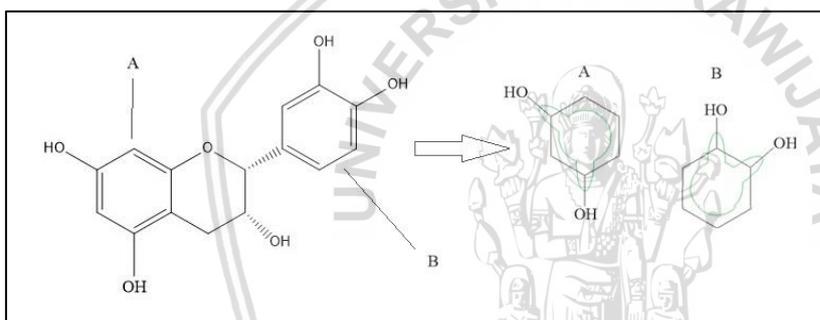
Gambar 2.15 Proses oksidasi molekul bebas minyak biji bunga matahari

Sumber: Pradana (2018)

Pada Gambar 2.15 diatas menjelaskan terjadi lompatan-lompatan elektron akibat adanya perbedaan potensial antar atom atau molekul pada lubang *graphene* dengan ikatan trigliserida. Atom atau molekul yang melepaskan dan menerima elektron pada trigliserida menjadi radikal, sehingga lebih mudah terjadi kontak akibat adanya gaya tarik menarik yang ditimbulkan lubang *graphene* karena membutuhkan elektron.

### 2.8.2 Pengaruh Antioksidan Belimbing terhadap Minyak Biji Bunga Matahari

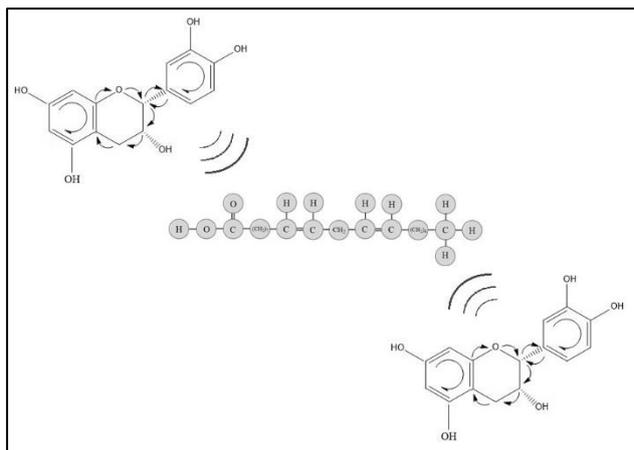
Belimbing (*Averrhoa carambola*) memiliki kandungan *epicatechin* (-) yang tinggi. Rumus kimia *epicatechin* (-) adalah  $C_{15}H_{14}O_6$ , memiliki 2 cincin aromatik dan 1 cincin *dihydropiran*. Cincin aromatik merupakan gugus karbon yang memiliki 6 atom karbon berikatan rangkap dan tunggal secara selang-seling yang tidak terlokalisasi sehingga menimbulkan suatu medan magnet. Hal tersebut dikarenakan ikatan pada karbon memiliki keelektronegatifitas yang sama sehingga memiliki kecenderungan saling tarik-menarik satu atom karbon ke atom karbon lainnya. Karena itu, bagian cincin atom yang mengalami ikatan rangkap akan terlepas menjadi ikatan tunggal, dan ikatan tunggal yang memiliki kelebihan elektron harus menarik atom karbon lain sehingga ikatan tunggal yang ada akan berubah menjadi ikatan rangkap. Hal ini akan terus menerus terjadi sehingga menimbulkan suatu resonansi dan menimbulkan medan magnet lemah. Hal ini bisa diilustrasikan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Lintasan elektron pada rantai samping heksagonal *epicatechin* (-)

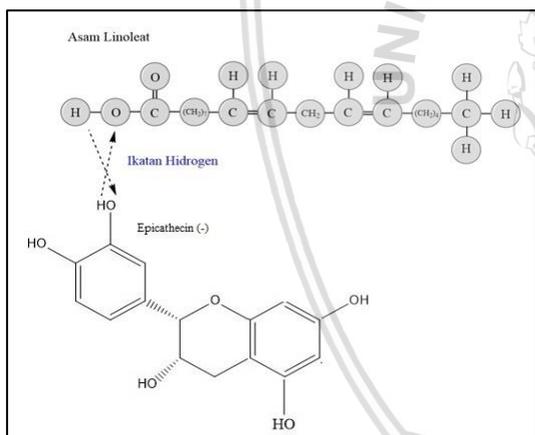
Tidak seperti karbon aktif, antioksidan memiliki nilai medan magnet yang lebih kecil. Hal ini dikarenakan antioksidan memiliki cincin siklik yang sedikit dan tidak saling berdampingan. Hal ini menyebabkan pergerakan elektron pada cincin siklik menjadi lebih besar dengan bertambahnya pergerakan kearah ikatan sisinya yaitu OH. Ikatan OH dijelaskan memiliki atom oksigen yang memiliki 6 elektron dengan 2 elektron berada di kulit terluar berikatan dengan cincin aromatik dan hidrogen. Adanya pergerakan elektron melalui senyawa OH menjadikan medan magnetnya lemah.

Adanya suatu medan magnet dari antioksidan seperti pada Gambar 2.17 menyebabkan ikatan gliserida pada asam linoleat minyak biji bunga matahari terganggu. Medan magnet menimbulkan adanya pelemahan energi inti atom ke elektron terutama pada kulit terluar asam linoleat. Perbedaan jumlah dari masing-masing inti atom menyebabkan perbedaan beda potensial, energi disosiasi dan ke-elektronegatifan yang menyebabkan terbentuknya suatu ikatan hidrogen baru pada asam linoleat dengan *epicatechin* (-).



Gambar 2.17 Adanya medan magnet lemah pada *epicatechin* memengaruhi ikatan pada asam linoleat

Ini disebabkan karena tertariknya elektron atom H asam linoleat ke atom O *epicatechin* (-) dan elektron atom H *epicatechin* (-) juga tertarik oleh atom O asam linoleat dikarenakan atom O kekurangan elektron dan menginduksi atom H. Hal tersebut terjadi terus menerus sehingga menimbulkan *spin* elektron yang membentuk ikatan hidrogen seperti pada Gambar 2.18. Ikatan hidrogen antara asam linoleat dan *epicatechin* (-) yang terus tarik menarik antar molekul biasa disebut gaya *London*.



Gambar 2.18 Terbentuknya ikatan hidrogen baru antara *epicatechin* (-) dan asam linoleat

## 2.9 Hipotesis

Penambahan karbon aktif dan antioksidan *Averrhoa carambola* pada minyak biji bunga matahari dengan metode pengujian pembakaran *premixed* dapat menjadikan kecepatan api pembakaran *premixed* lebih baik. Adanya penambahn karbon aktif menjadikan energi aktivasi pada molekul minyak biji bunga matahari menjadi lebih kecil dikarenakan timbulnya muatan disertai pengaktifan aktivitas molekul, memudahkan asam lemak untuk terurai dan membuat rantai hindrokarbon minyak biji bunga matahari juga lebih pendek serta peran antioksidan menimbulkan medan magnet kecil yang membantu mempercepat reaksi.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah pengamatan secara langsung terhadap objek penelitian yang diberikan perlakuan (eksperimental) sehingga dapat diperoleh beberapa data. Data yang dihasilkan akan dikaji dan dibandingkan sehingga menghasilkan sebuah kesimpulan.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian bertempat di Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang pada bulan Maret 2018 sampai dengan selesai.

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 1. Variabel Bebas (*independent variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya ditentukan oleh peneliti guna mendapatkan variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah:

- a. Minyak biji bunga matahari 100 gram, dengan penambahan.
  - 1) Tanpa penambahan.
  - 2) Karbon aktif 0,05 gram
  - 3) Antioksidan buah belimbing 0,05 gram
  - 4) Karbon aktif 0,05 gram dan antioksidan buah belimbing 0,05 gram
- b. Debit udara yang diberikan sebesar 3; 3,5; 4; 4,5 dan 5 liter/menit.

#### 2. Variabel Terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat merupakan hasil yang besar nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat yang yang diperoleh berupa visualisasi sudut api pembakaran *premix* minyak biji bunga matahari.

#### 3. Variable Kontrol (*control variable*)

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dijaga secara konstan dan ditentukan oleh peneliti. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah:

- a. Dimensi burner 8 milimeter.
- b. Debit LPG 1,5 liter/menit
- c. Temperatur ruangan standar 27°C

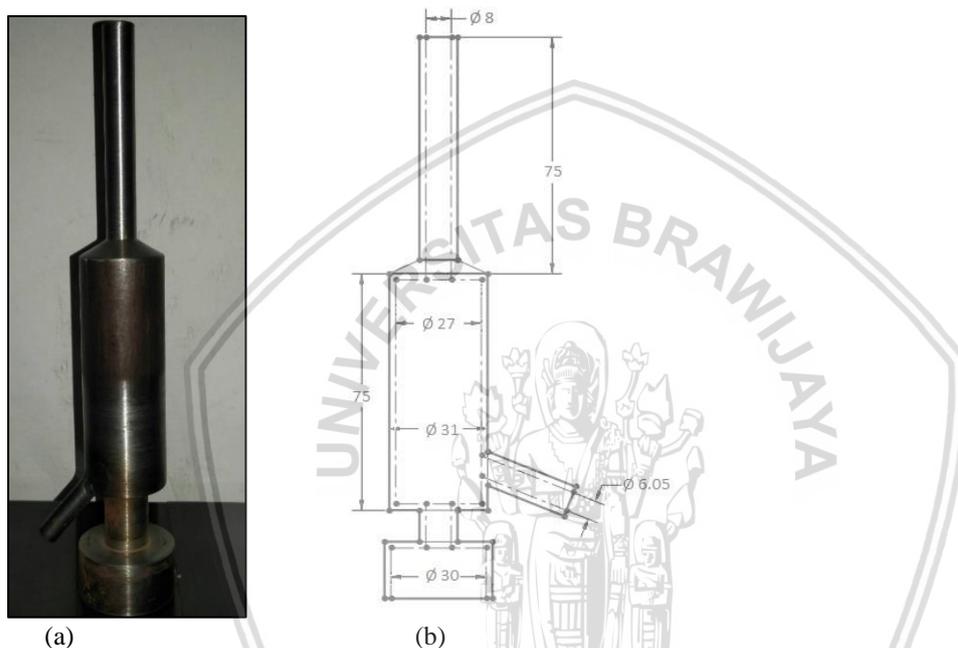
### 3.4 Alat dan Bahan Penelitian

#### 1. *Erlenmeyer*

*Erlenmeyer* digunakan sebagai wadah minyak biji bunga matahari yang akan dipanaskan sehingga menghasilkan uap bahan bakar. *Erlenmeyer* yang digunakan pada penelitian ini memiliki kapasitas maksimal 250 ml.

#### 2. *Burner* dan tabung *premixed*

*Burner* yang digunakan adalah *circular tube burner* yaitu jenis *burner* menjadi satu dengan tabung pencampur bahan bakar dan udara.



Gambar 3.1 (a) Tabung *premixed* dan *burner* (b) Ukuran tabung *premixed* dan *burner*

Keterangan Gambar 3.1:

Bahan	: Besi
Diameter dalam <i>burner</i>	: 8 mm
Tinggi <i>burner</i>	: 75 mm
Tinggi tabung <i>premixed</i>	: 75 mm
Diameter dalam tabung <i>premixed</i>	: 27 mm
Diameter dalam katup <i>premixed</i>	: 30 mm
Diameter saluran udara	: 6,05 mm

#### 3. Minyak Biji Bunga Matahari

Jenis minyak nabati yang dihasilkan dari ekstraksi biji bunga matahari, memiliki nilai pembakaran yang cukup besar sebagai bahan bakar.

#### 4. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang memiliki banyak ikatan siklik berperan sebagai katalis. Karbon aktif digunakan sebagai senyawa tambahan dalam perlakuan terhadap minyak biji bunga matahari.

#### 5. Antioksidan buah belimbing

Antioksidan yang senyawa yang diambil dari ekstrak pada tumbuh-tumbuhan, memiliki satu atau lebih gugus siklik yang berguna sebagai katalis. Belimbing kaya akan kandungan fenolik dan favonoid salah satunya *epicatechin* (-).

#### 6. *Liquified Petroleum Gas* (LPG)

LPG digunakan sebagai bahan bakar kompor gas yang digunakan untuk menguapkan bahan bakar minyak biji bunga matahari pada tabung *erlenmeyer*.

#### 7. *Flowmeter* LPG dan Udara

Alat ini digunakan untuk mengatur debit aliran udara compressor dan debit aliran gas LPG dengan spesifikasi:

- Ketelitian : 0,25 dan 0,5 liter per menit
- *Pressure-Temperature Rating* : 6,9 bar-65°C (tanpa *valve*)  
6,9 bar-48°C (dengan *valve*)
- Diimensi (PxLxD) : 104 x 25,4 x 31,75 mm
- Jarak skala : 5,08 cm
- Penghubung : 6 cm *Female NPT inlet-outlet*

#### 8. Kompresor udara

Kompresor udara digunakan untuk mengalirkan udara untuk konsumsi pembakaran *premixed*.

Spesifikasi:

- Kapasitas tangki : 25 liter
- Daya : 1 HP
- Daya Listrik : 750 watt
- Tekanan tabung maksimal : 8 bar
- Putaran motor : 2850 rpm
- Debit aliran : 145 liter/ menit

#### 9. Kompor gas

Kompor digunakan untuk memanaskan minyak biji bunga matahari menjadi uap.

## 10. Selang

Digunakan sebagai media alir fluida gas yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu udara dari kompresor dan gas LPG. Diameter selang yang digunakan adalah 6 mm.

## 11. Timbangan elektrik

Timbangan elektrik digunakan untuk menunjukkan massa karbon aktif, antioksidan dan minyak biji bunga matahari dalam *erlenmeyer*.

## 12. Suntikan

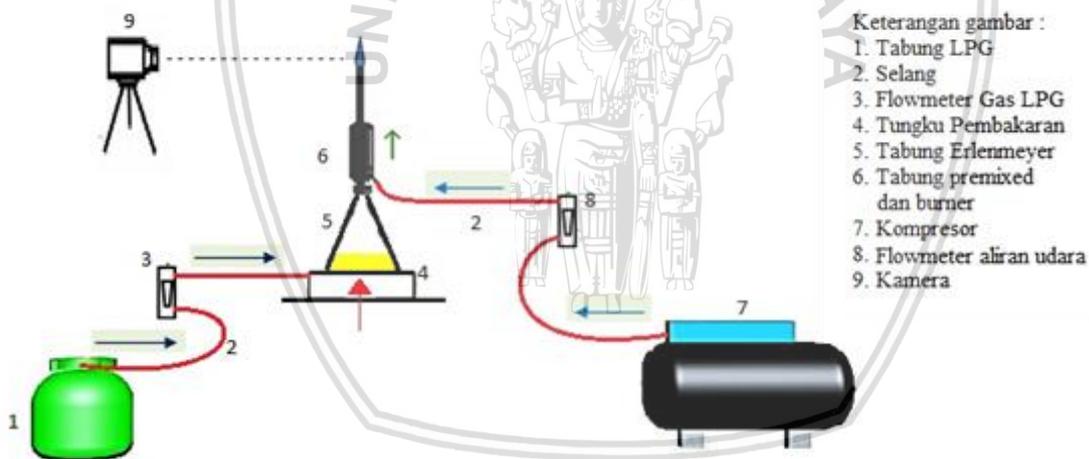
Suntikan digunakan untuk mengambil uap minyak biji bunga matahari untuk menghitung massa jenis uap bahan bakar minyak biji bunga matahari. Kapasitas suntikan yang digunakan sebesar 20 ml.

## 13. Kamera

Digunakan untuk mengambil visualisasi api pada *burner*.

### 3.5 Skema Instalasi Penelitian

Skema instalasi penelitian yang dilakukan dijelaskan dengan Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Skema instalasi penelitian

### 3.6 Prosedur Pengambilan Data

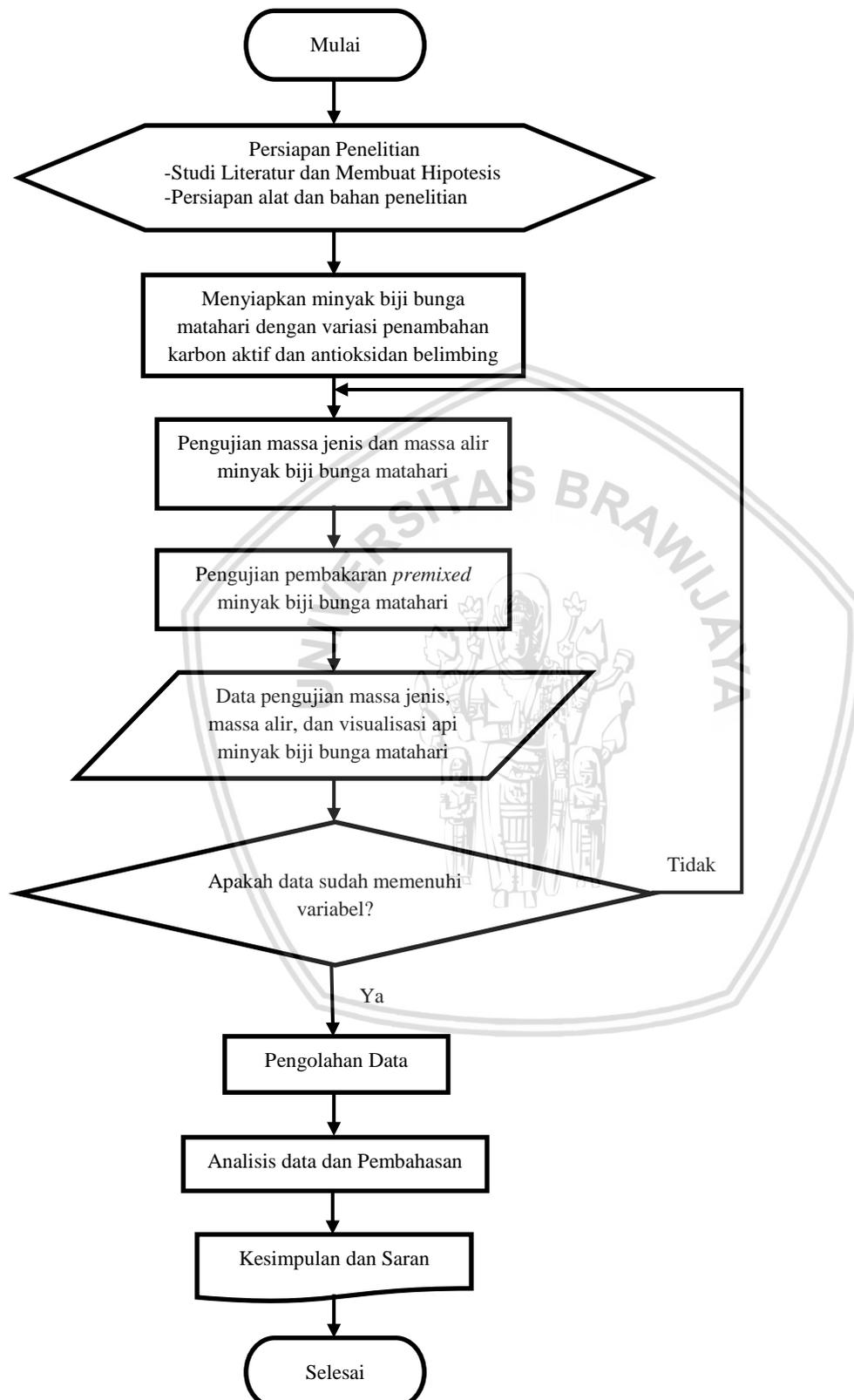
1. Prosedur pengambilan data penelitian massa jenis uap minyak biji bunga matahari
  - a. Siapkan *erlenmeyer*, flowmeter gas *Liquid Petroleum Gas* (LPG), suntikan, tabung *premixed* beserta *burner*, kompor gas, dan timbangan elektrik.
  - b. Timbang massa suntikan tanpa uap minyak biji bunga matahari menggunakan timbangan elektrik. Lalu catat hasil timbangan dari setiap suntikan.

- c. Tuangkan minyak biji bunga matahari ke dalam tabung *erlenmeyer* sebanyak 100 gram, setelah itu dipanaskan minyak tersebut menggunakan kompor dengan mengatur debit aliran gas pada 1,5 liter per menit menggunakan *flowmeter* yang telah terpasang pada selang LPG.
  - d. Ambil uap minyak biji bunga matahari dengan suntikan sebanyak 10 ml lalu ukur massa suntikan tersebut dengan timbangan dan catat hasilnya.
  - e. Ulangi langkah d hingga 10 kali.
  - f. Kurangi hasil data langkah d dengan hasil data langkah b pada suntikan.
  - g. Hitung rata-rata hasil data langkah f dari setiap suntikan.
  - h. Lakukan langkah b sampai g pada minyak yang ditambahkan karbon aktif dan antioksidan belimbing pada minyak biji bunga matahari dengan variasi:
    - Penambahan 0,05 gram karbon aktif.
    - Penambahan 0,05 gram antioksidan buah belimbing.
    - Penambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan buah belimbing.
2. Prosedur pengambilan data penelitian massa alir uap minyak
- a. Siapkan *erlenmeyer*, *flowmeter* gas LPG, tabung *premixed* beserta *burner*, kompor gas, dan timbangan elektrik.
  - b. Timbang berat *erlenmeyer* tanpa minyak biji bunga matahari dengan timbangan elektrik kemudian catat hasil berat *erlenmeyer*.
  - c. Taruh *erlenmeyer* pada timbangan kemudian tekan tombol *zero* pada timbangan lalu tuangkan minyak biji bunga matahari ke dalam *erlenmeyer* yang masih berada diatas timbangan elektrik sebanyak 100 gram.
  - d. Tambah hasil data langkah b dengan berat minyak biji bunga matahari pada volume 100 gram .
  - e. Panaskan *erlenmeyer* yang telah dipasang dengan tabung *premixed* beserta *burner*.
  - f. Tunggu minyak mulai menguap dilihat dari keluarnya uap pada ujung *burner*.
  - g. Mulai perhitungan waktu dengan stopwatch setelah langkah f terpenuhi, kemudian setelah 10 menit matikan kompor dan tutup ujung *burner*, tunggu sampai temperatur normal.
  - h. Timbang *erlenmeyer* yang telah dipanaskan dan sudah ditunggu sampai temperatur normal menggunakan timbangan elektrik.
  - i. Hitung massa minyak biji bunga matahari dengan cara mengurangi data hasil langkah h dengan data hasil langkah d.

- j. Hitung massa aliran dengan cara membagi hasil data langkah i dengan waktu 10 menit.
- k. Lakukan langkah c sampai j pada minyak biji bunga matahari dengan variasi:
- Penambahan 0,05 gram karbon aktif.
  - Penambahan 0,05 gram antioksidan buah belimbing.
  - Penambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan buah belimbing.
3. Prosedur pengambilan data
- a. Siapkan *erlenmeyer*, kompresor udara, *flowmeter* udara dan LPG, timbangan elektrik, kompor gas, tabung *premixed* beserta *burner* dan kamera.
- b. Tuang minyak biji bunga matahari sebanyak 100 gram ke *erlenmeyer*, kemudian pasang alat sesuai Gambar 3.2.
- c. Panaskan *erlenmeyer* dan mengatur debit LPG konstan pada 1,5 liter/menit menggunakan *flowmeter* LPG.
- d. Tunggu minyak mulai menguap dilihat dari keluarnya uap pada ujung *burner*. Setelah itu menyalakan api dengan menggunakan pemantik pada *burner*.
- e. Atur debit aliran dengan variasi 3; 3,5; 4 dan 4,5 dan 5 liter/menit.
- f. Ambil data visualisasi api pada setiap variasi udara yang diberikan menggunakan kamera.
- g. Ulangi langkah b sampai f pada minyak biji bunga matahari dengan variasi:
- Penambahan 0,05 gram karbon aktif.
  - Penambahan 0,05 gram antioksidan buah belimbing.
  - Penambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan buah belimbing.

### 3.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian yang dilakukan dijelaskan dengan Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Setelah dilakukannya penelitian, hasil yang diperoleh berupa data dari massa jenis uap, massa alir uap, dan visualisasi api pembakaran *premixed* pada variasi perlakuan pada minyak biji bunga matahari yaitu tanpa tambahan, minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif, minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram antioksidan belimbing, serta minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing. Setelah itu, data yang didapat diolah agar mendapatkan nilai dari *equivalence ratio* dan kecepatan api pembakaran *premixed* ( $S_L$ ) sesuai dengan rumus (Terlampir).

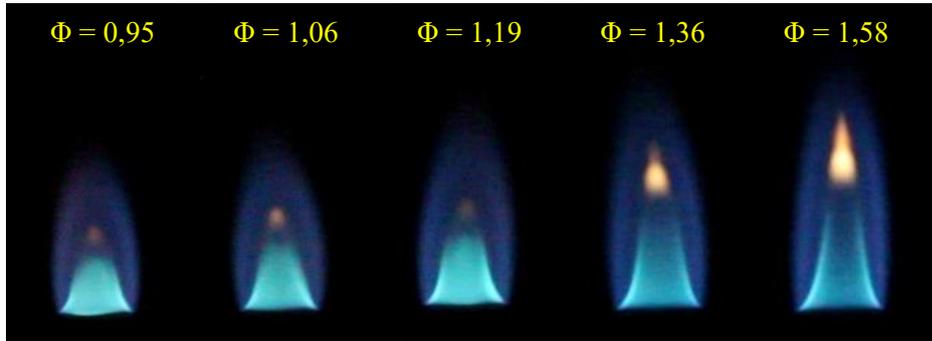
Kedua nilai yang sudah didapat selanjutnya dibuat menjadi sebuah data berupa suatu grafik hubungan antara *equivalence ratio* dengan kecepatan api pembakaran *premixed* minyak biji bunga matahari pada seluruh variasi.

### 4.2 Visualisasi Api

Berikut ini merupakan visualisasi api dan tabel data dari hasil penelitian yang sudah dilakukan pada minyak biji bunga matahari tanpa tambahan, dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif, dengan tambahan 0,05 gram antioksidan belimbing, serta dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing.

Pada Gambar 4.1 menjelaskan semakin besar debit aliran yang diberikan pada proses pembakaran *premixed* warna apinya yang sebelumnya memiliki warna kemerahan menjadi warna biru sepenuhnya. Seperti kita ketahui suatu proses pembakaran menghasilkan suatu produk reaktan berbentuk gas buang, cahaya dan panas. Jika diurutkan dari jelasnya api tampak yaitu tanpa tambahan, 0,05 gram antioksidan belimbing, 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan + 0,05 gram antioksidan belimbing. Berdasarkan teori yang ada, spektrum cahaya pada cahaya tampak dengan biru lebih pendek panjang gelombangnya dibandingkan warna merah dan kuning. Hal ini menjelaskan semakin pendeknya panjang gelombang cahaya, maka proses pembakaran mendekati nilai pembakaran sempurna. Persamaan perpindahan Wien menjelaskan jika kontanta Wiennya tetap dengan menurunnya

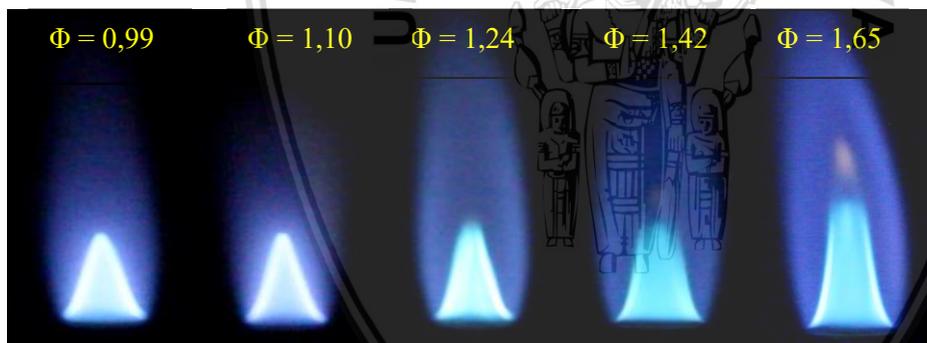
panjang gelombang cahaya maka nilai temperature akan naik. Energi kimia pada bahan bakar berubah kearah energi panas dibanding dengan energi cahaya.



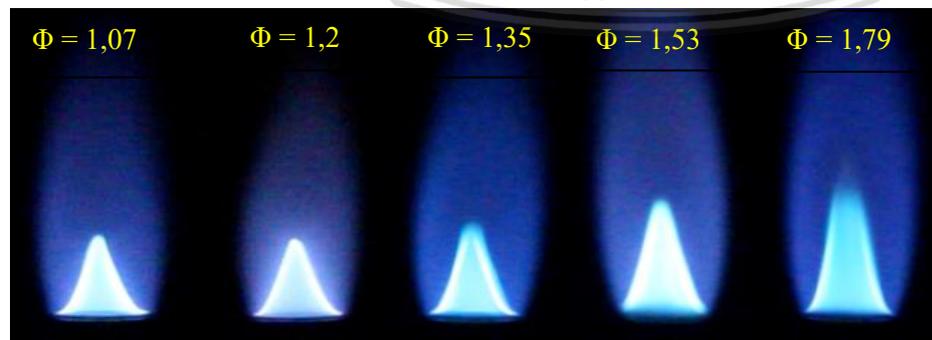
(a)



(b)



(c)



(d)

*Gambar 4.1* (a) Visualisasi api minyak tanpa tambahan (b) Visualisasi api minyak + 0,05 gram karbon aktif (c) Visualisasi api minyak + 0,05 gram antioksidan belimbing (d) Visualisasi api minyak + 0,05 gram karbon aktif + 0,05 gram antioksidan belimbing

Selain itu, tingkat kecerahan api yang terjadi pada penambahan antioksidan dan karbon aktif lebih tinggi dibanding visualisasi api lainnya dengan tanpa tambahan paling rendah. Hal ini menjelaskan meningkatnya kecerahan pada api diakibatkan semakin besarnya reaksi yang terjadi pada pembakaran. Dengan adanya tambahan, bahan bakar kaya akan campuran dan menyebabkan banyaknya reaksi pembakaran yang terjadi. Banyaknya energi pancar yang timbul dari reaksi pembakaran pada spektrum api biru menyebabkan warna apinya lebih cerah.

### 4.3 Analisis Data

Setelah dilakukannya peninjauan pustaka dan dilakukannya penelitian maka didapat data yang dijelaskan pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.4.

Tabel 4.1

Data Hasil Minyak Biji Bunga Matahari Tanpa Tambahan

AFR Stc	AFR Aktual	$\phi$	Sudut Api	$v_u$ (cm/s)	$S_L$ (cm/s)
12,2994	12,90	0,95	21	170,04	60,94
	11,61	1,06	19	153,45	49,96
	10,32	1,19	17	136,87	40,02
	9,03	1,36	14	120,28	29,10
	7,74	1,59	10	103,69	18,01

Tabel 4.2

Data Hasil Minyak Biji Bunga Matahari + 0,05 gram Karbon Aktif

AFR Stc	AFR Aktual	$\phi$	Sudut Api	$v_u$ (cm/s)	$S_L$ (cm/s)
12,2994	11,45	1,07	26	170,11	74,57
	10,31	1,19	23	153,52	62,44
	9,16	1,34	20	136,94	49,07
	8,02	1,53	17	120,35	35,19
	6,87	1,79	13	103,76	25,10

Tabel 4.3

Data Hasil Minyak Biji Bunga Matahari + 0,05 gram Antioksidan Belimbing

AFR Stc	AFR Aktual	$\phi$	Sudut Api	$v_u$ (cm/s)	$S_L$ (cm/s)
12,2994	12,15	1,01	24	170,07	66,17
	10,93	1,13	22	153,49	57,50
	9,72	1,27	19	136,90	44,57
	8,50	1,45	15	120,31	31,14
	7,29	1,69	12	103,72	21,57

Tabel 4.4

Data Hasil Minyak Biji Bunga Matahari + 0,05 gram Karbon Aktif + 0,05 gram Antioksidan Belimbing

AFR Stc	AFR Aktual	$\Phi$	Sudut Api	$v_u$ (cm/s)	$S_L$ (cm/s)
	10,62	1,16	30	170,13	85,07
	9,56	1,29	26	153,54	67,31
12,2994	8,50	1,45	23	136,96	53,51
	7,43	1,65	18	120,37	37,20
	6,37	1,93	15	103,78	26,86

#### 4.3.1 Perhitungan AFR Stoikiometri

1. Reaksi pembakaran stoikiometri pada minyak biji bunga matahari sebagai berikut:



Pada persamaan (4-1) didapatkan hasil reaksi kimia pembakaran stoikiometri pada minyak biji bunga matahari berdasarkan data lampiran, maka dengan reaksi tersebut dapat ditentukan harga massa udara dan nilai AFR stoikiometri.

2. Perhitungan AFR stoikiometri pada pembakaran minyak biji bunga matahari:

- a. Massa udara

$$\begin{aligned} M \text{ udara} &= 8,9594 (M_r O_2 + 3,76 M_r N_2) \\ &= 8,9594 [(16 \times 2) + 3,76 \times (14 \times 2)] \\ &= 1.229,94 \text{ gram} \end{aligned} \quad (4-2)$$

- b. AFR stoikiometri

$$\begin{aligned} (AFR)_{\text{stoic}} &= \left( \frac{M \text{ udara}}{M \text{ bahan bakar}} \right)_{\text{stoic}} \\ &= \left( \frac{1.229,94 \text{ gram}}{100 \text{ gram}} \right)_{\text{stoic}} \\ &= 12,2994 \end{aligned} \quad (4-3)$$

Dimana massa udara yang diperoleh adalah massa udara ideal yang dibutuhkan pada pembakaran teoritis. Perhitungan AFR teoritis dilakukan dengan membagi massa udara pembakaran stoikiometri pada persamaan (4-2) sebesar 1.229,94 gram dengan massa bahan bakar yang digunakan yakni senilai 100 gram sehingga didapatkan nilai AFR stoikiometri pada persamaan (4-3) sebesar 12,2994.

### 4.3.2 Contoh Perhitungan Massa Alir Uap Minyak Biji Bunga Matahari

Agar diketahui nilai massa alir uap yang dimiliki minyak biji bunga matahari maka dilakukan pengolahan data sebagai berikut.

Diketahui:

Massa *erlenmeyer* dengan minyak biji bunga matahari sebelum penguapan ( $m_1$ ) = 121,60 g

Massa *erlenmeyer* dengan minyak biji bunga matahari setelah penguapan ( $m_2$ ) = 115,95 g

Waktu penguapan ( $t$ ) adalah 10 menit

$$\begin{aligned} \dot{m}_{bb} &= (m_1 - m_2) / t \\ &= (121,60 \text{ gram} - 115,95 \text{ gram}) / 10 \text{ menit} \\ &= (5,65 \text{ gram}) / 10 \text{ menit} \\ &= 0,565 \text{ gram} / \text{menit} \\ &= 0,000565 \text{ kilogram} / \text{menit} \end{aligned} \quad (4-4)$$

Contoh perhitungan massa alir minyak pada persamaan (4-4) digunakan data dari variasi minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing dengan membagi selisih massa minyak biji bunga matahari sebelum dan sesudah penguapan dengan lama waktu penguapan. Pada perhitungan diperoleh nilai massa alir minyak biji bunga matahari tanpa tambahan sebesar 0,565 gram/menit atau 0,000565 kilogram/menit.

### 4.3.3 Contoh Perhitungan AFR Aktual

Agar mengetahui berapa nilai AFR Aktual yang didapat, maka dilakukan pengolahan data yang didapat pustaka dan penelitian.

Diketahui:

$$\dot{m}_{bb} = 0,000565 \text{ kg/menit}$$

$$\rho_{\text{udara}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_{\text{udara}} = 3 \text{ liter/menit} = 0,003 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$AFR_{\text{aktual}} = \frac{Q_{\text{udara}} \times \rho_{\text{udara}}}{\dot{m}_{bb}}$$

$$AFR_{\text{aktual}} = \frac{0,003 \text{ m}^3/\text{menit} \times 1,2 \text{ kg/m}^3}{0,000565 \text{ kg/menit}}$$

$$AFR_{\text{aktual}} = 6,37 \quad (4-5)$$

Massa alir bahan bakar ( $\dot{m}_{bb}$ ) didapatkan melalui pengujian massa alir minyak biji bunga matahari yang hasilnya dapat dilihat pada lampiran. Contoh perhitungan persamaan (4-5) memakai data pada variasi minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing dengan menggunakan debit udara sebesar 3 liter/menit sehingga diperoleh nilai AFR aktual sebesar 6,37.

#### 4.3.4 Contoh Perhitungan *Equivalence Ratio*

Setelah didapat AFR Stokimetri dan AFR Aktual, maka diketahui nilai *Equivalent Ratio* dari pembakaran *premixed* minyak biji bunga matahari.

Diketahui:

$$(AFR)_{stoic} = 12,2994$$

$$(AFR)_{aktual} = 6,37$$

$$\phi = \frac{AFR_{stoic}}{AFR_{aktual}}$$

$$\phi = \frac{12,2994}{6,37}$$

$$\phi = 1,93 \quad (4-6)$$

Perhitungan *equivalence ratio* dilakukan dengan memakai perbandingan antara nilai AFR stoikimetri dengan nilai AFR aktual. Berdasarkan persamaan (4-6) nilai *equivalence ratio* yang diperoleh sebesar ( $\phi = 1,93$ ).

#### 4.3.5 Contoh Perhitungan Kecepatan Alir Reaktan

Agar mengetahui kecepatan api pembakaran *premixed*, maka dicari kecepatan alir reaktan dengan cara sebagai berikut.

Diketahui:

$$\dot{m}_{bb} = 0,000565 \text{ kg/menit}$$

$$\rho_{uap} = 4,4 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_{udara} = 3 \text{ liter/menit} = 0,003 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$A = 0,00005024 \text{ m}^2$$

$$v_u = \frac{Q_{udara} + Q_{bahan bakar}}{A}$$

$$v_u = \frac{Q_{udara} + \dot{m}_{bb}/\rho_{uap}}{A}$$

$$v_u = \frac{0,003 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}} + (0,000565 \frac{\text{kg}}{\text{menit}} / 4,4 \text{ kg/m}^3)}{0,00005024 \text{ m}^2}$$

$$v_u = 62,27 \text{ meter/menit}$$

$$v_u = 103,78 \text{ cm/s} \quad (4-7)$$

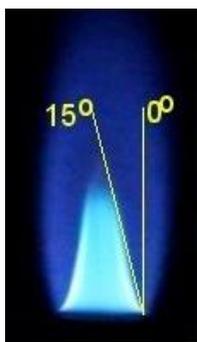
Contoh perhitungan dilakukan dengan memakai data pada variasi minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing dengan menggunakan debit udara sebesar 3 liter/menit. Nilai kecepatan reaktan yang diperoleh menurut persamaan (4-7) sebesar 103,78 cm/detik.

#### 4.3.6 Contoh Perhitungan Kecepatan Api

Setelah dilakukannya pengamatan pada pembakaran *premixed* minyak biji bunga matahari pada penambahan karbon aktif 0,05 gram dan antioksidan 0,05 gram maka didapat Gambar 4.2. Setelah dilakukannya pengukuran pada visualisasi api tersebut maka diketahui:

$$v_u = 103,78 \text{ cm/s}$$

$$\theta = 15^\circ$$



Gambar 4.2 Contoh perhitungan kecepatan api *premixed*

$$S_L = v_u \cdot \sin \theta$$

$$= 103,78 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \cdot \sin 15^\circ$$

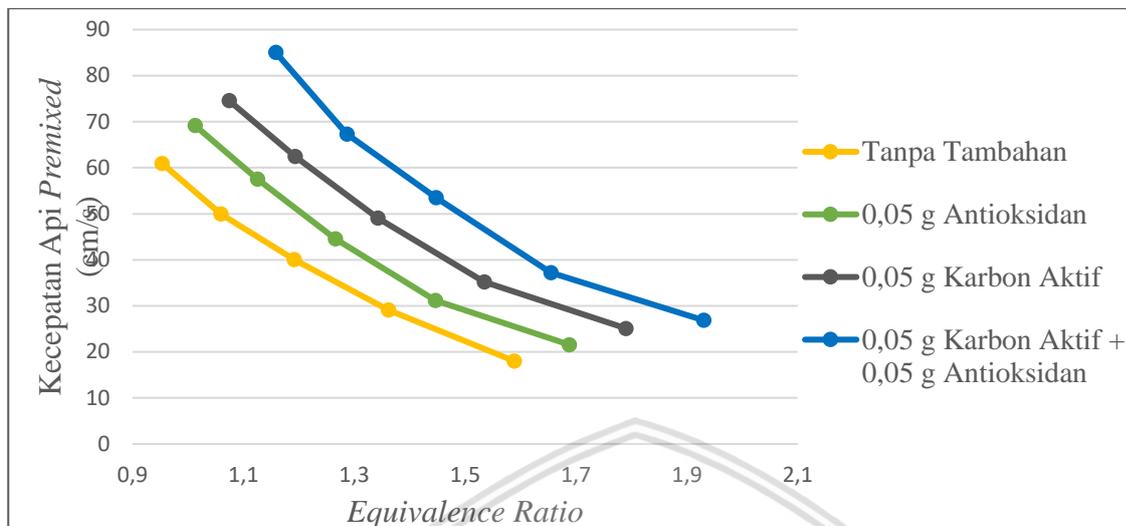
$$= 26,86 \text{ cm/s}$$

(4-8)

Contoh perhitungan kecepatan api  $S_L$  dilakukan menggunakan data variasi minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing pada *equivalence ratio* ( $\phi = 1,93$ ). Besar nilai kecepatan api yang diperoleh berdasarkan persamaan (4-8) adalah  $S_L = 26,86 \text{ cm/s}$ .

## 4.4 Grafik dan Pembahasan

### 4.4.1 Grafik Pengaruh *Equivalence Ratio* Terhadap Kecepatan Api *Premixed*



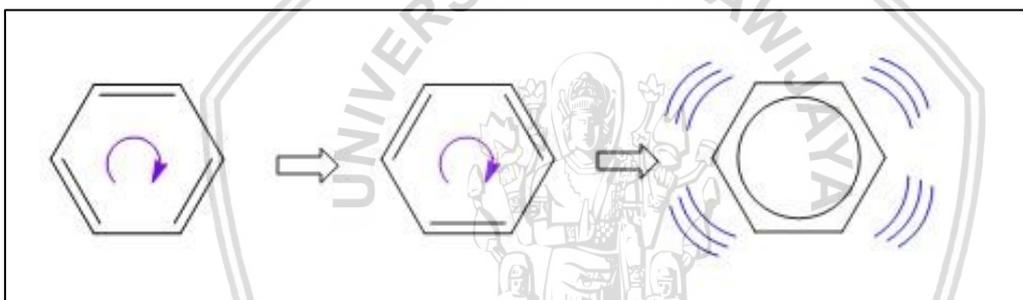
Gambar 4.3 Grafik pengaruh *equivalence ratio* terhadap kecepatan api *premixed*

Gambar 4.3 adalah grafik yang menjelaskan adanya pengaruh *equivalence ratio* terhadap kecepatan api pembakaran *premixed* minyak biji bunga matahari dengan variasi minyak biji bunga matahari tanpa tambahan, minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif, minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram antioksidan belimbing, serta minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing. Semua variasi mempunyai *trend* yang sama yaitu dengan meningkatnya nilai *equivalence ratio*, terjadinya penurunan pada nilai kecepatan api *premixed*. Jika diurutkan dari yang paling tinggi ke paling rendah untuk nilai maksimal kecepatan api pembakaran *premixed* maka didapat minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing memiliki nilai yang paling tinggi yaitu sebesar 85,07 cm/s, diikuti dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif sebesar 74,57 cm/s, lalu dengan tambahan antioksidan belimbing sebesar 69,17 cm/s, dan terakhir tanpa tambahan sebesar 60,94 cm/s.

Meningkatnya nilai *equivalence ratio* menyebabkan kecepatan api *premixed* semakin menurun. Saat nilai *equivalence ratio* meningkat, bahan bakar memiliki campuran kaya yang menunjukkan bahwa massa alir bahan bakar lebih tinggi dibanding massa alir udara. Sedikitnya massa alir udara yang masuk ke *mixing chamber* menyebabkan tingginya massa alir bahan bakar yang masuk sehingga rasio pembakarannya tidak seimbang dan terjadi pembakaran tak sempurna. Hal ini menyebabkan massa alir bahan bakar yang lewat terlalu banyak terbuang dan membentuk sudut kecepatan api *premixed* yang kecil.

Dari Gambar 4.3 juga dapat diamati tentang pengaruh penambahan karbon aktif pada minyak biji bunga matahari terhadap kecepatan api *premixed*. Nilai kecepatan api *premixed* pada minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif lebih tinggi dari nilai kecepatan api *premixed* minyak biji bunga matahari tanpa ada tambahan. Nilai dari kecepatan api *premixed* paling tinggi dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif ialah 74,57 cm/s dan yang paling rendah ialah 25,10 cm/s. Sedangkan nilai kecepatan api *premixed* paling tinggi tanpa ada tambahan ialah 60,93 cm/s dan yang paling rendah ialah 18 cm/s.

Adanya penambahan karbon aktif pada minyak biji bunga matahari memengaruhi kecepatan api *premixed* pada reaksi pembakaran. Cincin aromatik yang dimiliki karbon aktif memiliki ikatan rangkap dan tunggal pada 6 sisinya dan selalu berpindah karena kecenderungan elektron yang ada pada ikatan rangkap mengikat pada sisi ikatan tunggal. Dengan pergerakannya yang searah mengakibatkan adanya suatu resonansi dan menimbulkan medan magnetik. Hal ini digambarkan pada Gambar 4.4.



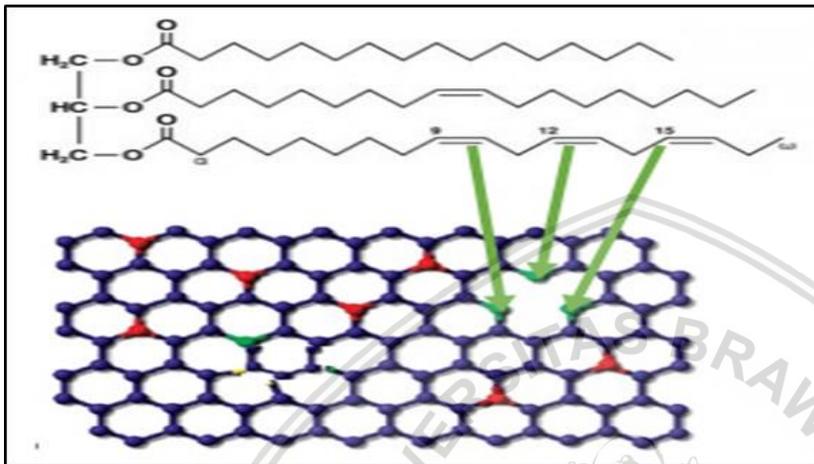
Gambar 4.4 Ilustrasi resonansi dari karbon aktif yang bermedan magnet

Medan magnet yang dihasilkan karbon aktif mampu menarik elektron-elektron yang terdapat pada ikatan atom asam lemak. Penarikan tersebut mengakibatkan melemahnya gaya tarik terhadap inti atom. Hal tersebut akan membuat ikatan-ikatan pada asam lemak melemah dan mudah terurai.

Sebagian besar struktur pada karbon aktif merupakan gugus aromatik. Struktur gugus heksagonalnya teratur dan berjejer satu dengan lainnya. Tiap gugus aromatik pada karbon aktif memiliki pergerakan elektron dan jika melompat ke struktur sebelahnya tidak mengganggu resonansi masing-masing gugus aromatik. Hal tersebut menyebabkan medan magnet yang ditimbulkan karbon aktif cukup besar.

Karbon aktif memiliki struktur berlubang (*porous structure*) pada bentuknya yang ditunjukkan pada Gambar 4.5. Ujung pada struktur berlubang terdapat atom karbon yang membutuhkan elektron valensi. Hal tersebut mengakibatkan atom karbon menarik atom lain sehingga atom karbon pada karbon aktif menjadi lebih stabil.

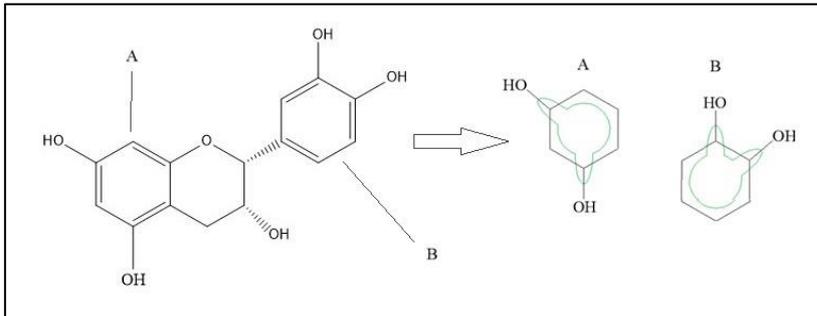
Hidrokarbon pada asam lemak cenderung tertarik pada poros karbon aktif sehingga menyebabkan atom-atom karbon dan hidrogen teradsorpsi pada karbon aktif dan menyebabkan karbon aktif menjadi stabil. Adanya penarikan oleh karbon aktif menyebabkan molekul-molekul asam lemak menjadi terputus-putus dan membentuk senyawa yang tak stabil. Asam lemak yang bermuatan dan sudah terputus ikatan-ikatannya tersebut lebih mudah bereaksi sehingga mempercepat reaksi tumbukan antar molekul.



Gambar 4.5 Ilustrasi struktur berlubang yang menarik atom pada asam lemak

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat juga bahwa minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram antioksidan belimbing mampu meningkatkan kecepatan api *premixed* pada minyak biji bunga matahari. Nilai kecepatan api *premixed* minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram antioksidan belimbing lebih tinggi daripada minyak biji bunga matahari tanpa ada tambahan meskipun lebih rendah daripada minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif. Nilai dari kecepatan api *premixed* paling tinggi dengan tambahan 0,05 gram antioksidan belimbing ialah 69,17 cm/s dan yang paling rendah ialah 21,56 cm/s.

Penambahan antioksidan belimbing memiliki pengaruh terhadap kecepatan api *premixed* pada minyak biji bunga matahari. Hal ini disebabkan karena antioksidan belimbing memiliki kandungan epikatekin (-) dimana epikatekin (-) tersebut mempunyai senyawa cincin heksagonal pada struktur molekulnya. Ikatan ganda pada cincin heksagonal tersebut mampu bergerak di sepanjang bidang heksagonalnya sehingga menimbulkan suatu resonansi. Resonansi yang ditimbulkan epikatekin (-) mampu menghasilkan suatu medan magnet seperti pada Gambar 4.6.

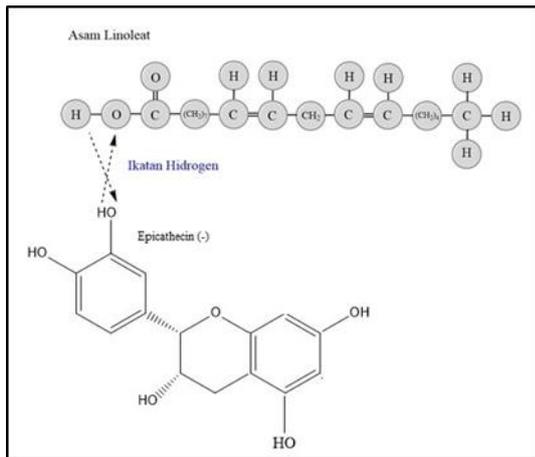


Gambar 4.6 Ilustrasi bentuk medan magnet yang terdapat pada epikatekin (-)

Medan magnet yang dihasilkan epikatekin (-) berbeda dengan medan magnet yang dihasilkan karbon aktif. Jumlah cincin aromatik pada antioksidan tersebut tak sebanyak pada karbon aktif. Senyawa cincin heksagonal pada epikatekin (-) memiliki rantai ikatan tambahan pada sisinya dengan OH. Adanya ikatan sisi tersebut menyebabkan pergerakan elektron tidak hanya terjadi di cincin aromatik, namun juga melewati ikatan sisi tersebut. Hal itu dikarenakan rantai ikatan pada sisi OH, oksigen memiliki 6 elektron valensi dimana satu elektron berikatan dengan atom hidrogen sedangkan satunya lagi berikatan dengan cincin sehingga terdapat 4 elektron yang bebas pada atom oksigen. Hal tersebut mengakibatkan meluasnya daerah pergerakan elektron dan berkurangnya resonansi yang disebabkan 4 elektron bebas sehingga medan magnetnya tidak terlalu besar.

Sama seperti karbon aktif, adanya medan magnet yang ditimbulkan antioksidan memengaruhi kestabilan ikatan antar atom pada asam lemak. Hal tersebut akan membuat elektron asam lemak lebih mudah diambil dan ikatan antar atomnya menjadi renggang. Akan tetapi, kekuatan tarik medan magnet pada epikatekin (-) lebih lemah dibanding karbon aktif karena resonansi yang dimiliki antioksidan lebih kecil.

Epikatekin (-) memiliki interaksi dengan asam lemak untuk menghasilkan ikatan hidrogen. Hal ini dikarenakan epikatekin (-) dan asam linoleat sebagai komposisi utama pada minyak biji bunga matahari memiliki penyusun yang sama berupa karbon, oksigen, dan hidrogen. Namun jumlah proton pada asam linoleat yang lebih tinggi dari epikatekin (-) akan menyebabkan nilai keelektronegatifan asam linoleat lebih tinggi dari epikatekin (-). Akibatnya, atom O pada asam linoleat akan menarik atom H pada epikatekin (-). Selanjutnya, atom O pada epikatekin (-) yang kekurangan elektron akan menarik atom H pada asam linoleat. Hal ini terjadi secara terus-menerus sehingga terbentuk spin hidrogen. Dengan itu, hidrogen pada asam lemak menjadi tidak statis sehingga menjadi lebih mudah putus dari ikatan molekul asam lemak dan menjadikan asam lemak lebih mudah untuk bermuatan.



Gambar 4.7 Ilustrasi ikatan hidrogen antara epikatekin (-) dan asam linoleat

Dari Gambar 4.3 juga diketahui pengaruh penambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing terhadap kecepatan api *premixed* minyak biji bunga matahari. Penambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram mampu meningkatkan nilai kecepatan api *premixed* minyak biji bunga matahari dibandingkan dengan variasi-variasi lain. Nilai kecepatan api *premixed* paling tinggi dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing ialah 85,06 cm/s dan paling rendah ialah 26,86 cm/s.

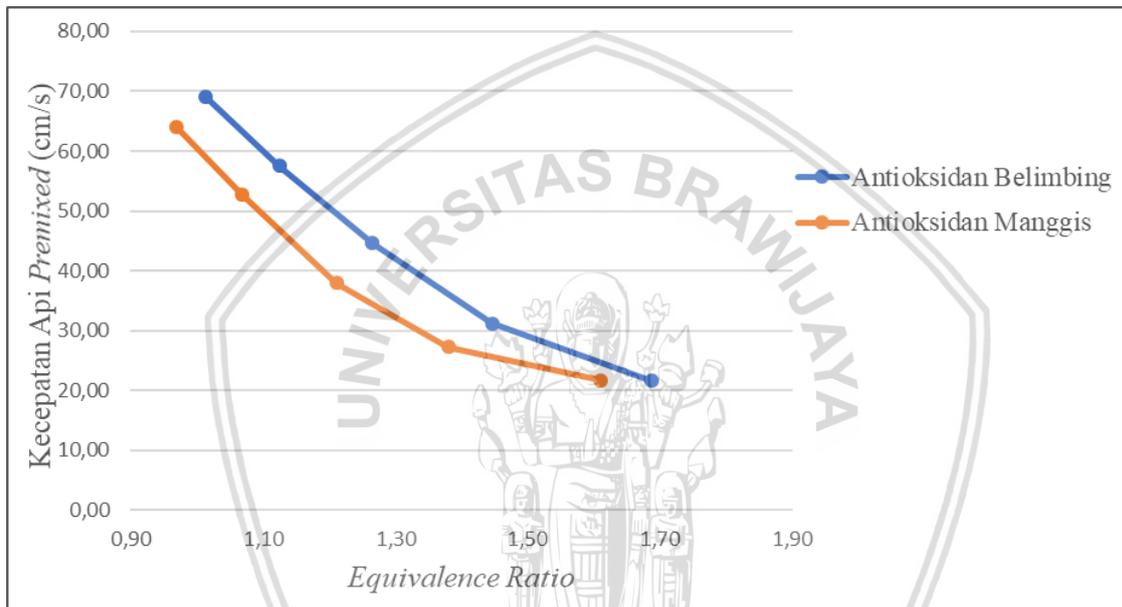
Kecepatan api *premixed* minyak biji bunga matahari dengan tambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing lebih tinggi daripada kecepatan api *premixed* pada variasi-variasi lain. Hal tersebut disebabkan elektron-elektron pada asam lemak akan semakin lebih menjauhi dari orbitnya dan ikatan antar atom pada asam lemak menjadi semakin renggang akibat adanya pengaruh medan magnet yang dihasilkan oleh cincin heksagonal baik pada karbon aktif maupun pada epikatekin (-) pada antioksidan belimbing. Timbulnya ikatan hidrogen antara asam linoleat dengan epikatekin (-) sehingga menyebabkan *spin* hidrogen pada asam lemak tersebut dimana hidrogen menjadi tidak statis pada asam lemak dan membuat mudah terputus dari ikatan asam lemak tersebut seperti pada Gambar 4.7. Hal-hal tersebut akan membuat tumbukan antar atom asam lemak menjadi lebih banyak dan menyebabkan kecepatan pembakarannya meningkat.

Gaya tarik dari struktur berlubang (*porous structure*) pada karbon aktif yang kekurangan elektron menyebabkan struktur asam lemak pada minyak akan juga menjadi terputus putus dan menjadi bermuatan tetapi tidak mengikat molekul bebasnya. Hal ini karena adanya medan magnet dari epikatekin (-) yang mengganggu pengikatan molekul bebas yang berasal dari asam lemak ke ujung struktur poros karbon aktif sehingga sulit terbentuk ikatan baru, terutama ikatan karbon. Hal ini menjaga molekul-molekul asam lemak yang terputus dalam bentuk hidrokarbon rantai pendek sehingga mudah terjadi reaksi pembakaran.

#### 4.5 Perbandingan Data dengan Antioksidan Lain

Data hasil penelitian yang telah dilakukan lalu dibandingkan dengan data dari penelitian lain, Data yang diambil adalah penelitian dengan perlakuan yang hampir sama namun yang membedakan adalah jenis dari antioksidannya. Antioksidan yang digunakan Saroso (2018) untuk mengetahui kecepatan api pembakaran *premixed* pada minyak biji bunga matahari dengan penambahan karbon aktif dan antioksidan adalah antioksidan dari kulit buah Manggis. Maka dapat dilihat data hasil dari penelitian yang telah dilakukan. (Terlampir)

##### 4.5.1 Perbandingan Antar Perlakuan dengan Penambahan Antioksidan 0,05 gram

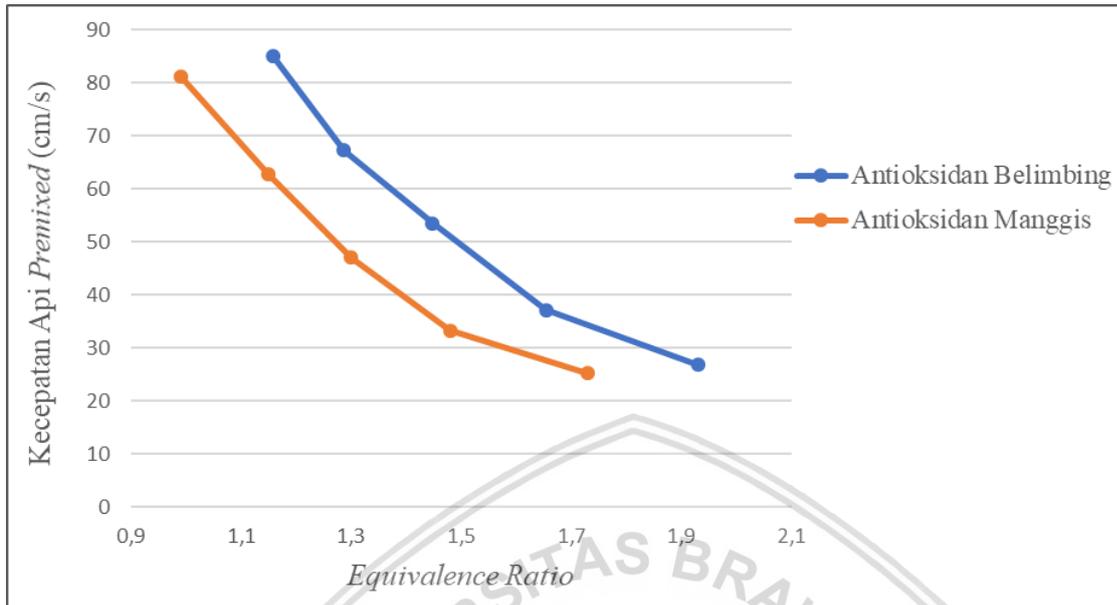


Gambar 4.8 Grafik pengaruh *equivalence ratio* terhadap kecepatan api *premixed* pada penambahan 0,05 gram antioksidan belimbing dan 0,05 gram antioksidan manggis

Dari Gambar 4.8 diatas dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh *equivalent ratio* terhadap kecepatan api *premixed* pada penambahan 0,05 gram antioksidan belimbing lebih besar dibandingkan adanya penambahan 0,05 gram antioksidan kulit buah manggis. Kedua data diatas memiliki *trend* yang sama yaitu dengan meningkatnya *equivalent ratio* maka nilai kecepatan api *premixed*-nya menurun. Nilai kecepatan api *premixed* yang dimiliki antioksidan kulit manggis lebih rendah 10% dibanding dengan antioksidan belimbing.

Hal ini dikarenakan reaksi antara ikatan asam lemak pada minyak biji bunga matahari dengan antioksidan kulit buah manggis lebih kecil dibanding antioksidan belimbing. Antioksidan manggis memiliki ikatan samping yang lebih panjang daripada antioksidan belimbing yang membuat resonansinya semakin rendah.

#### 4.5.2 Perbandingan Antar Perlakuan dengan Penambahan Karbon Aktif 0,05 gram dan Antioksidan 0,05 gram



Gambar 4.9 Grafik pengaruh *equivalence ratio* terhadap kecepatan api *premixed* pada penambahan 0,05 gram karbon aktif dan 0,05 gram antioksidan belimbing dan antioksidan manggis

Dari Gambar 4.9 diatas dapat diketahui bahwa kedua data diatas memiliki *trend* yang sama yaitu dengan meningkatnya *equivalent ratio* maka nilai kecepatan api *premixed*-nya menurun. Pengaruh dengan penambahan 0,05 gram antioksidan belimbing pada minyak biji bunga matahari lebih besar dibandingkan dengan penambahan 0,05 gram antioksidan manggis. Perbandingan rata-rata nilai yang dimiliki antioksidan manggis lebih rendah 7,5% daripada antioksidan belimbing .

Hal ini dimungkinkan saat terjadinya reaksi penguraian asam lemak, karbon aktif dan antioksidan manggis cenderung mengikat molekul asam lemak yang terurai menjadi sebuah ikatan baru pada struktur karbon aktif dan antioksidan sehingga mengurangi nilai reaksi pembakaran yang terjadi pada minyak biji bunga matahari.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian pengaruh karbon aktif dan antioksidan *Averrhoa carambola* terhadap kecepatan api pembakaran *premix* minyak biji bunga matahari, karbon aktif dan antioksidan belimbing mampu berperan meningkatkan kecepatan api *premix*. Kecepatan api pada minyak biji bunga matahari yang didapatkan jika diurutkan dari pengaruh yang tertinggi ke terendah adalah dengan penambahan karbon aktif 0,05 gram dan antioksidan belimbing yaitu nilai maksimal 85,07 cm/s dan minimal 26,86 cm/s, pada penambahan karbon aktif 0,05 gram maksimal 74,57 cm/s dan minimal 25,10 cm/s, pada antioksidan 0,05 gram tertinggi 69,17 cm/s dan terendah 21,57 cm/s, tanpa adanya tambahan maksimal 60,94 cm/s dan minimal 18,01 cm/s.

Pengamatan yang didapat dari grafik adalah dengan jika nilai *equivalent ratio* turun maka kecepatan api *premixed*-nya naik. Hasil yang dapat adalah semua perlakuan memiliki tren yang sama. Namun, dilihat dari nilai hubungan antara *equivalent ratio* dan kecepatan api *premixed* diurutkan dari nilai paling besar ke paling kecil adalah penambahan karbon aktif 0,05 gram dan antioksidan belimbing, pada penambahan karbon aktif 0,05 gram, pada antioksidan 0,05 dan tanpa adanya tambahan.

Jika dilihat dari fisik api, penambahan karbon aktif 0,05 gram dan antioksidan belimbing memiliki visualisasi api paling baik diikuti dengan penambahan karbon aktif 0,05 gram, penambahan antioksidan belimbing 0,05 gram dan tanpa tambahan. Hal ini dikarenakan sedikitnya warna api merah atau kuning menunjukkan pembakarannya lebih sempurna dan meningkatkan kecepatan api *premixed*. Kecerahan api dapat menjelaskan bahwa energi pancar yang dimiliki penambahan karbon aktif 0,05 gram dan antioksidan 0,05 gram lebih banyak dibanding perlakuan lainnya.

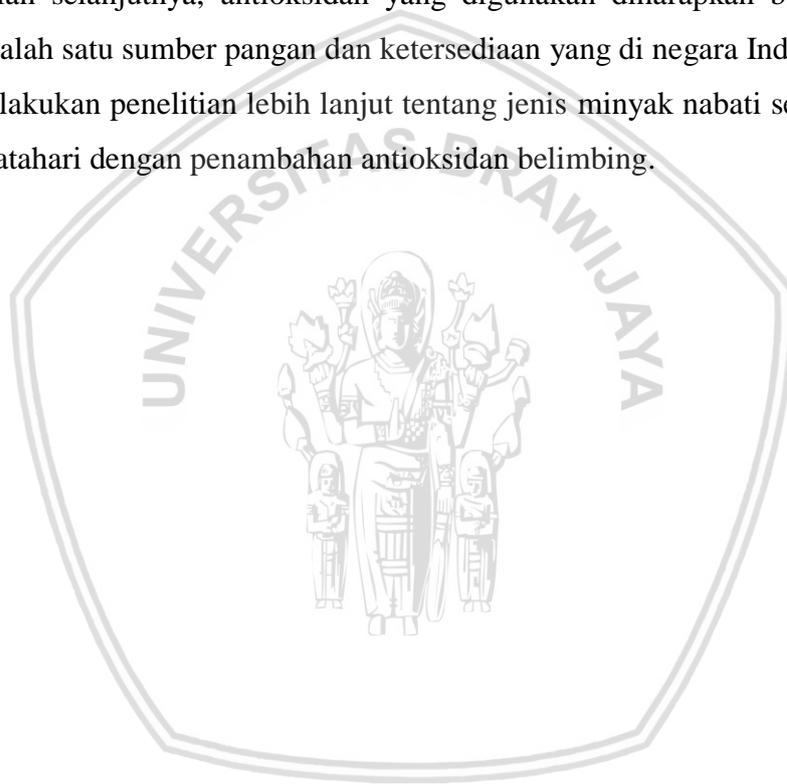
Perbandingan data antioksidan belimbing dengan antioksidan kulit manggis menghasilkan kesimpulan bahwa nilai kecepatan api *premixed* antioksidan belimbing lebih baik. Hal ini dapat dilihat dari *trend* grafik pada antioksidan belimbing lebih tinggi  $\pm 8\%$  pada perlakuan penambahan 0,05 gram antioksidan dan  $\pm 10\%$  pada perlakuan penambahan 0,05 gram karbon aktif + 0,05 gram antioksidan, dibandingkan dengan antioksidan manggis. Selain itu nilai kesediaan pada belimbing juga lebih tinggi dengan produktifitas

yang tinggi cocok pada iklim subtropik Indonesia. Belimbing bukan menjadi sumber pangan pokok karena nilai karbohidratnya yang relatif rendah.

Kesimpulan yang didapat adalah dengan adanya penambahan karbon aktif dan antioksidan belimbing, minyak biji bunga matahari mampu menjadi suatu potensi alternatif sumber bahan bakar dengan penggunaan minyak nabati.

## 5.2 Saran

1. Penelitian tentang penambahan karbon aktif dan antioksidan belimbing diharapkan dapat dilanjutkan dengan metode *interfacial instability*.
2. Pada penelitian selanjutnya, antioksidan yang digunakan diharapkan berbahan lain yang bukan salah satu sumber pangan dan ketersediaan yang di negara Indonesia.
3. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang jenis minyak nabati selain minyak biji bunga matahari dengan penambahan antioksidan belimbing.



## DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, R., Pandapotan, H., & Purwanto. 2013. Pembuatan Dan Karakterisasi Katalis Karbon Aktif Tersulfonasi Sebagai Katalis Ramah Lingkungan Pada Proses Hidrolisis Biomassa. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 147.
- Bharadwaj, V. 2014. Colours: A Scientific Approach . *Granthaalayah*, 1-6.
- Bhattacharyya, S. & Reddy, C.S. 1994. Vegetable Oils as Fuels for Internal Combustion Engines. *Journal of Agriculture for Engineering Resources* 57, 157-166. Kharagpur: Indian Institute of Technology.
- Bismo, S. 2004. Prospek Ozonasi Etil Ester Dari Beberapa Minyak Nabati Untuk Bahan Bakar Mesin Diesel. *Seminar Nasional Rekayasa Kimia Dan Proses 2004*, 1. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- El-Mahallawy, F. & Habik, S. E. 2002. *Fundamentals and Technology of Combustion*. Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Griffiths, J.F., & Barnard, J. 1995. *Flame and Combustion Phenomena*. London: Chapman-Hall.
- Krane, K. S. 1992. Modern Physics. In H. J. Wospakrik, *Fisika Modern*, 552-555. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Munif. 2017. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Interfacial Instability Minyak Biji Bunga Matahari dengan Penambahan Antioksidan dalam Hele Shaw Cell. *Skripsi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Rahadian, A. 2017. Pengaruh Karbon Aktif Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Minyak Jarak Pagar. *Skripsi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Restuaji, I. M., & Santoso, E. 2014. Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Terhadap Reaksi Transesterifikasi Minyak Kemiri Sunan (Aeurites Trisperma) Yang Sudah Diperlakukan Dengan Kitosan. *Jurnal Sains Dan Seni Promits*, 9.
- Ridho, M. 2016. Peran Gliserol Dalam Pembakaran Premixed Minyak Biji Bunga Matahari. *Skripsi*. Malang: Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Said, M., Septiarty, W. & Tutiwi, T. 2010. Kinetika Reaksi pada Metanolisis Minyak Jarak Pagar. *Skripsi*. Palembang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Salunkhe, D.K., Adsule, R.N. & Chavan, J.K. 1992. *World Oilseeds*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Sa'adah. 2016. Analisis Penyediaan Dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia. *Thesis*. Bogor: IPB.

- Setiawan, O., & Ruskandi. 2004. Pembuatan Minyak Kelapa Secara Tradisional Dengan Perlakuan Suhu Air Yang Berbeda. *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Peternakan*, 4-5.
- Shui & Leong. 2006. Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food Chemistry* 97, 277-284. Singapore : National University of Singapore.
- Sienko, M. J., & Plane, R. A. 1961. *Chemistry*. United State Of America: Mcgraw-Hill Book Company, Inc.
- Slamet, Bismo, S., Arbianti, R., & Sari, Z. 2006. Penyisihan Fenol Dengan Kombinasi Proses Adsorpsi Dan Fotokatalisis Menggunakan Karbon Aktif Dan Tio<sub>2</sub>. *Jurnal Teknologi*, 304.
- Soeka, Y. S., Sulisty, J., & Naiola, E. 2008. Analisis Biokimia Minyak Kelapa Hasil Ekstraksi Secara Fermentasi. *Biodiversitas*, 91-95.
- Sudibandriyo, M. 2003. *Ph. Dissertation: A Generalized Ono-Kondollattice Model For High Pressure On Carbon Adsorben*. Oklahoma: Oklahoma State University.
- Thirumarimurugan, M., Sivakumar, V. M., Xavier, A. Merly, Prabhakaran, D., and Kannadasan, T. 2012. Preparation of Biodiesel from Sunflower Oil by Transesterification. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, Vol. 2, No. 6, 441-444.
- Triyati, E. 1985. Spektrofotometer Ultra-Violet Dan Sinar Tampak Serta Aplikasinya Dalam Oseanologi. *Oseana*, 39-41.
- Wardana, I. N. 2008. *Bahan Bakar Dan Teknologi Pembakaran*. Malang: Pt. Danar Wijaya-Brawijaya University Press.
- Widjajanti, E. 2005. Pengaruh Katalisator Terhadap Laju Reaksi. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.