



**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN PREMIX BIOSOLAR  
DENGAN PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK JELANTAH**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**Haidar Fahmi Al-Mahbuby**

**NIM : 151910101080**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN PREMIX BIOSOLAR  
DENGAN PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK JELANTAH**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

**Oleh:**

**Haidar Fahmi Al-Mahbuby**

**NIM : 151910101080**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**

## PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan pada Allah SWT atas terselesaikannya skripsi ini dengan baik dan lancar. Disini penulis mempersembahkan skripsinya kepada:

1. Kedua orang tua saya dan keluarga besar saya yang tercinta.
2. Dosen pembimbing saya Bapak Aris Zainul Muttaqin S.T., M.T dan Dr. Nasrul Iminnafik S.T., M.T.
3. Dosen penguji saya Bapak Boy Arief Fachri S.T., M.T., Ph.D dan Mahros Darsin S.T., M.Sc., Ph.D
4. Dosen riset biodiesel saya Bapak Ir. Digdo Listiadi, M.Sc.
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Saudaraku Teknik Mesin 2015 Universitas Jember yang tanpa henti memberi support dan dukungannya.
7. Saudara riset biodiesel: Salman, Nunung, Jihan, Bagus, Mas Hemas, Mas Setiyo, yang telah membantu saya dalam melakukan penelitian ini.

**MOTTO**

Waktu bagaikan pedang. Jika engkau tidak memanfaatkannya dengan baik  
(memotong), maka ia akan memanfaatkanmu (dipotong)

*(HR.Muslim)*



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Haidar Fahmi Al-Mahbuby

NIM : 151910101080

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Karakteristik Pembakaran Premix Biosolar dengan Penambahan Biodiesel Minyak Jelantah” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 September 2019  
Yang menyatakan,

Haidar Fahmi Al-mahbuby  
151910101080

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN PREMIX BIOSOLAR  
DENGAN PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK JELANTAH**

Oleh :

**Haidar Fahmi Al-Mahbuby**

**151910101080**

Pembimbing :

1. Dosen Pembimbing Utama : Aris Zainul Muttaqin S.T., M.T.
2. Dosen Pembimbing anggota : Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Karakteristik Pembakaran Premix Biosolar dengan Penambahan Biodiesel Minyak Jelantah” karya Haidar Fahmi Al-Mahbuby yang telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

**Tim Pembimbing:**

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Aris Zainul Muttaqin S.T., M.T.

Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T.

NIP 196812071995121000

NIP 197111141999031002

**Tim Penguji:**

Penguji I,

Penguji II,

Mahros Darsin S.T., M.Sc., Ph.D

Boy Arief Fachri S.T., M.T., Ph.D

NIP 197003221995011000

NIP 197409011999031002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.

NIP 196612151995032001



## RINGKASAN

**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN PREMIX BIOSOLAR DENGAN PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK JELANTAH**, Haidar Fahmi Al-Mahbuby, 151910101080; 2019; 45 Halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Biodiesel merupakan sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Biodiesel terdiri dari campuran mono – alkyl ester dari rantai panjang asam lemak yang dipakai sebagai alternatif untuk bahan bakar mesin diesel. Penggunaan biodiesel dapat mengurangi emisi polutan gas dan pemanasan global karena kandungan biodiesel bebas sulfur, tidak beracun, dan mudah terurai (*biodegradable*). Minyak jelantah adalah salah satu bahan baku yang berpotensi sebagai bahan pembuatan biodiesel karena mengandung trigliserida, bersifat limbah, mudah didapatkan dan bukan merupakan kebutuhan pangan.

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mutu biodiesel minyak jelantah yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) agar bisa digunakan sebagai pengganti bahan bakar solar industri di Indonesia serta untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada pembakaran premix dengan penambahan biodiesel minyak jelantah. Fenomena yang diteliti adalah sudut nyala api dan kecepatan pembakaran premix dari masing-masing komposisi bahan bakar: Biosolar 100% (B0), Biosolar 90% dan biodiesel minyak jelantah 10% (B10), Biosolar 80% dan biodiesel minyak jelantah 20% (B20), Biosolar 70% dan biodiesel minyak jelantah 30% (B30), Biodiesel 100% (B100). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental pembakaran premix pada *bunsen burner* dengan variasi ekuivalen rasio yaitu 0,8; 1; 1,2. Alat yang digunakan untuk mengambil gambar menggunakan kamera kemudian hasil gambar diukur sudutnya menggunakan *software image-J*, yang digunakan untuk menentukan kecepatan pembakaran.



Hasil pengujian sudut nyala api biosolar dengan penambahan biodiesel dengan variasi ekuivalen rasio. Hasil sudut nyala api terbesar pada bahan bakar biosolar murni yaitu sebesar  $30,2^{\circ}$ , nilai sudut nyala api terendah pada bahan bakar biodiesel minyak jelantah murni yaitu sebesar  $17,3^{\circ}$ . Berdasarkan hasil penelitian, semakin tinggi kandungan biodiesel maka sudut nyala api yang dihasilkan semakin rendah. Hasil penelitian kecepatan pembakaran terhadap presentase biodiesel pada biosolar. Nilai kecepatan tertinggi pada biosolar murni yaitu sebesar  $29,22$  cm/s. Nilai kecepatan pembakaran terendah pada bahan bakar biodiesel minyak jelantah murni yaitu sebesar  $10,74$  cm/s. Berdasarkan hasil penelitian, semakin besar komposisi biosolar dengan campuran biodiesel maka semakin kecil nilai kecepatan pembakaran.

## SUMMARY

**PREMIX COMBUSTION CHARACTERISTICS OF BIOSOLAR WITH ADDITION BIODIESEL FROM WASTE COOKING OIL**, Haidar Fahmi Al-Mahbuby, 151910101080; 2019; 45 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember

Biodiesel is a renewable and environmentally friendly energy source. Biodiesel consists of a mixture of mono-alkyl esters from long chains of fatty acids which are used as an alternative to diesel engine fuel. The use of biodiesel can reduce emissions of gas pollutants and global warming because the content of biodiesel is sulfur free, non-toxic, and easily biodegradable. Used cooking oil is one of the raw materials that has the potential to make biodiesel because it contains triglycerides, is waste, is easily available and is not a food requirement.

In this study aims to determine the quality of used cooking oil biodiesel in accordance with the Indonesian National Standard (SNI) so that it can be used as a substitute for industrial diesel fuel in Indonesia and to determine the phenomena that occur in premix combustion with the addition of used cooking oil biodiesel. The phenomena studied are the flame angle and premix combustion speed of each fuel composition: Biosolar 100% (B0), Biosolar 90% and waste cooking oil biodiesel 10% (B10), Biosolar 80% and biodiesel waste cooking oil 20% (B20), Biosolar 70% and waste cooking oil biodiesel 30% (B30), Biodiesel 100% (B100). This study uses an experimental method of premix combustion on a bunsen burner with a ratio equivalent variation of 0.8, 1, 1.2. The tool used to take a camera using a camera and then the results of the image are measured using the J-image software, which is used to determine the burning speed.

The results of testing the biosolar flame angle with the addition of biodiesel with the equivalent ratio variation. The results of the largest flame angle on pure biosolar fuel is  $30.2^{\circ}$ , the lowest flame angle value on pure waste cooking oil biodiesel fuel is  $17.3^{\circ}$ . Based on the results of the study, the higher the biodiesel content, the lower the flame angle produced. The results of the combustion velocity research on the percentage of biodiesel in biosolar. The highest speed value in pure biosolar is  $29.22 \text{ cm / s}$ . The lowest combustion speed value on pure waste cooking oil biodiesel fuel is  $10.74 \text{ cm / s}$ . Based on the results of the study, the greater the biodiesel composition with biodiesel mixture, the smaller the value of the combustion speed.

## PRAKATA

Alhamdulillahirabbil'aalamin, segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Penyayang atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Karakteristik Pembakaran Premix Biosolar dengan Penambahan Biodiesel Minyak Jelantah". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dosen pembimbing saya Bapak Aris Zainul Muttaqin S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian pada skripsi ini;
2. Dosen penguji saya Bapak Mahros Darsin S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen penguji I dan Boy Arief Fachri S.T., M.T., Ph.D selaku dosen penguji II yang telah memberikan kritik dan saran bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini;
3. Laboratorium konversi energi dan tim riset biodiesel yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk dapat melaksanakan penelitian;
4. Kedua orang tua yang telah memberikan dorongan dan doanya demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Teman-teman Teknik Mesin 2015 yang telah memberikan semangat;
6. Sahabat saya Bela dan Nunung, yang telah membimbing saya dalam menyusun proposal;
7. Saudara riset biodiesel, Salman, Nunung, Jihan, Bagus, Mas Hemas, Mas Sertio, yang telah membantu saya dalam melakukan penelitian ini;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 11 September 2019

Penulis



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan</b> .....	3
<b>1.4 Manfaat</b> .....	3
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Biodiesel</b> .....	5
2.1.1 Potensi Bahan Baku Biodiesel .....	5
2.1.2 Syarat Mutu Biodiesel .....	6
2.1.3 Pebandingan Sifat Biodiesel dan Bahan bakar Diesel .....	7
<b>2.2 Minyak Goreng Bekas (Minyak Jelantah)</b> .....	8
2.2.1 Ketersediaan Minyak Jelantah .....	9

2.2.2 Kandungan Kimia Minyak Jelantah .....	10
<b>2.3 Pembuatan Biodiesel .....</b>	<b>11</b>
2.3.1 Transesterifikasi .....	11
2.3.2 Pencucian.....	11
2.3.3 Pemasakan .....	12
<b>2.4 Reaksi Pembakaran .....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Air Fuel Ratio (AFR) .....</b>	<b>12</b>
<b>2.6 Ekuivalen Rasio <math>\phi</math> .....</b>	<b>13</b>
<b>2.7 Kecepatan Nyala Api .....</b>	<b>13</b>
<b>2.8 Nyala Api Premiks .....</b>	<b>14</b>
<b>2.9 Sudut Nyala Api .....</b>	<b>15</b>
<b>2.10 Bunsen Burner.....</b>	<b>16</b>
<b>2.11 Penelitian Terdahulu.....</b>	<b>17</b>
<b>2.12 Hipotesis .....</b>	<b>19</b>
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Metode Penelitian.....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 Tepat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....</b>	<b>21</b>
3.3.1 Alat Pembuatan Biodiesel.....	21
3.3.2 Bahan Pembuatan Biodiesel .....	22
3.3.3 Penelitian Karakteristik Pembakaran.....	22
<b>3.4 Variabel Penelitian .....</b>	<b>22</b>
3.4.1 Variabel bebas .....	22
3.4.2 Variabel Terikat .....	23



3.4.3 Variabel Kontrol .....	23
<b>3.5 Metode Pengumpulan Data .....</b>	<b>23</b>
<b>3.6 Pengamatan Yang Dilakukan .....</b>	<b>24</b>
<b>3.7 Tahap Penelitian.....</b>	<b>24</b>
3.7.1 Tahap Penyiapan Minyak Jelantah.....	24
3.7.2 Tahap Pengujian Karakteristik Biodiesel Minyak Jelantah .	24
3.7.3 Tahap Pembuatan Alat Pengujian Karakteristik .....	26
<b>3.8 Tahap Pengujian .....</b>	<b>27</b>
3.8.1 Tahap Penyiapan Tempat .....	27
3.8.2 Tahap Pengujian Sudut Api dan Kecepatan Pembakaran ....	28
<b>3.9 Rekap Pengambilan Data .....</b>	<b>28</b>
<b>3.10 Diagram Alir Penelitian.....</b>	<b>30</b>
<b>BAB 4 PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Hasil Penelitian.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Hasil Nyala Api.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3 Hasil Pengujian Sudut Nyala Api .....</b>	<b>35</b>
<b>4.4 Hasil Pengujian Kecepatan Pembakaran .....</b>	<b>38</b>
<b>4.5 Pembahasan Hasil Penelitian .....</b>	<b>40</b>
<b>BAB 5 PENUTUP.....</b>	<b>45</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1 Saran.....</b>	<b>45</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>50</b>

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Nyala api dengan perbedaan ekuivalen rasio .....	15
Gambar 2.2 Cara mengukur sudut nyala api .....	16
Gambar 2.3 <i>Bunsen Burner</i> .....	16
Gambar 2.4 Ekuivalen rasio vs kecepatan api laminar minyak kelapa murni, jarak pagar, dan biji kapuk pada api bunsen burner .....	17
Gambar 2.5 Kecepatan pembakaran .....	18
Gambar 2.6 Tinggi dan lebar api .....	19
Gambar 3.1 Skema pembakaran biosolar komposisi biodiesel .....	27
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian .....	30
Gambar 4.1 Nyala api ekuivalen rasio 0,8 .....	34
Gambar 4.2 Nyala api ekuivalen rasio 1 .....	34
Gambar 4.3 Nyala api ekuivalen rasio 1,2 .....	35
Gambar 4.4 Grafik sudut nyala api ekuivalen rasio 0,8 .....	36
Gambar 4.5 Grafik sudut nyala api ekuivalen rasio 1 .....	36
Gambar 4.6 Grafik sudut nyala api ekuivalen rasio 1,2 .....	37
Gambar 4.7 Grafik kecepatan pembakaran ekuivalen rasio 0,8 .....	38
Gambar 4.8 Grafik kecepatan pembakaran ekuivalen rasio 1 .....	39
Gambar 4.9 Grafik kecepatan pembakaran ekuivalen rasio 1,2 .....	40
Gambar 4.10 Rata-rata sudut nyala api .....	41
Gambar 4.11 Rata-rata kecepatan pembakaran .....	42

**DAFTAR GRAFIK**

	Halaman
Tabel 2.1 Tumbuhan Indonesia penghasil minyak lemak.....	6
Tabel 2.2 Syarat mutu biodiesel.....	7
Tabel 2.3 Perbandingan sifat antara biodiesel minyak jelantah dan bahan bakar diesel komersial.....	8
Tabel 2.4 Data hasil perhitungan neraca penyediaan dan penggunaan minyak goreng sawit tahun 2013-2017 .....	10
Tabel 2.5 Kandungan asam lemak pada minyak jelantah .....	10
Tabel 4.1 Karakteristik biodiesel dan biosolar.....	32
Tabel 4.2 Debit udara sesuai ekuivalen rasio.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran A. Data Hasil Percobaan</b> .....	49
Tabel A.1 Sudut Nyala Api Ekuivalen Rasio 0,8 .....	49
Tabel A.2 Sudut Nyala Api Ekuivalen Rasio 1 .....	49
Tabel A.3 Sudut Nyala Api Ekuivalen Rasio 1,2 .....	49
Tabel A.4 Kecepatan Pembakaran Ekuivalen Rasio 0,8.....	50
Tabel A.5 Kecepatan Pembakaran Ekuivalen Rasio 1.....	51
Tabel A.6 Kecepatan Pembakaran Ekuivalen Rasio 1,2.....	52
Tabel A.7 Kecepatan Pembakaran Bahan Bakar .....	52
Tabel A.8 Gambar Api Pembakaran Pengujian 1 .....	53
Tabel A.9 Gambar Api Pembakaran Pengujian 2.....	54
Tabel A.10 Gambar Api Pembakaran Pengujian 3 .....	56
<b>Lampiran B. Data Hasil Percobaan</b> .....	57
<b>Lampiran C Gambar dan alat penelitian</b> .....	73
Lampiran C.1 (a) minyak jelantah, (b) methanol, (c) katalis KOH .....	73
Lampiran C.2 Proses transesterifikasi.....	73
Lampiran C.3 Proses pengendapan .....	74
Lampiran C.4 Biodiesel .....	74
Lampiran C.5 Alat Pengujian Karakteristik Pembakaran.....	75
Lampiran C.6 <i>Syringepump</i> .....	75
Lampiran C.7 Filter udara.....	75
Lampiran C.8 <i>Flowmeter</i> .....	76

Lampiran C.9 Cara mengukur sudut nyala api .....	76
Lampiran C.10 Alat pengukur Viskositas (ASTM D88) .....	77
Lampiran C.11 Alat pengukur massa jenis (Aerometer) .....	77
<b>Lampiran D Data hasil pengujian karakteristik biodiesel.....</b>	<b>78</b>



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Konsumsi minyak bumi di Indonesia menurut *blueprint* pengelolaan energi nasional 2006-2025 sebesar 611 ribu barel, gas bumi sebesar 3,47 BCF, dan batu bara sebesar 32,91 juta ton perhari. Untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil (biosolar) dibutuhkan sumber energi terbarukan salah satunya adalah biodiesel. Biodiesel adalah bahan bakar terbarukan berasal dari minyak nabati dan lemak hewani. Indonesia merupakan negara agraris yang sangat berpotensi dalam penyediaan bahan baku biodiesel. Hal ini sesuai dengan tujuan dan sasaran kebijakan energi nasional yang tertera di Peraturan Presiden nomor 5 tahun 2006 yaitu sebagai berikut; minyak bumi < 20%, gas bumi > 30%, batu bara > 33%, biofuel > 5%, panas bumi > 5%, EBT lainnya > 5%, dan batu bara yang dicairkan > 2% (BP-PEN, 2006-2025). Penggunaan biodiesel dapat mengurangi emisi polutan gas dan pemanasan global karena kandungan biodiesel bebas sulfur, tidak beracun, dan mudah terurai (Miranda dkk., 2017).

Biodiesel dapat diproduksi dari minyak-minyak tumbuhan seperti minyak kelapa, minyak jarak, minyak kelapa sawit dan minyak goreng bekas (Astuti, 2008). Bahan baku adalah hal utama yang berperan dalam menentukan karakteristik dari biodiesel. Hambali dkk (2007) menemukan bahwa minyak jelantah atau minyak hasil dari sisa penggorengan dapat berpotensi sebagai bahan baku untuk menghasilkan biodiesel. Maka dari itu, pada percobaan ini bahan baku yang digunakan adalah minyak jelantah. Biodiesel yang akan dihasilkan merupakan campuran dari minyak jelantah (biodiesel murni) dengan biosolar. Pengkodean campuran biodiesel murni dan biosolar ditulis dengan huruf B diikuti dengan persentase biodiesel murni. Persentase dari campuran minyak jelantah (biodiesel murni) dengan biosolar akan berpengaruh pada karakteristik dari biodiesel yang dihasilkan.



Proses utama biodiesel terdiri dua macam yaitu proses reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Proses yang digunakan dalam percobaan ini adalah proses reaksi transesterifikasi. Transesterifikasi yaitu reaksi trigliserida di dalam minyak jelantah dengan media alkohol (dipercepat oleh katalis) dan menghasilkan biodiesel (Haryanto dkk., 2015). Transesterifikasi biodiesel dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya yaitu waktu reaksi, suhu, dan jenis katalis (Haryanto dkk., 2015).

Untuk mengetahui karakteristik biodiesel maka perlu dilakukan pengujian pembakaran. Pembakaran premix adalah proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara dicampur dalam suatu *mixing chamber* sebelum dibakar dengan cara mekanik (Riwu, 2016). Pembakaran premix menggunakan *bunsen burner* sebagai alat pengujianya. Penelitian menggunakan *bunsen burner* harus menggunakan tiga proses utama yaitu, pemanasan, penguapan, dan proses pembakaran (Wardana, 2010).

Sasongko (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh persentase minyak goreng bekas (minyak jelantah) terhadap karakteristik pembakaran droplet biodiesel. Hasil penelitiannya menunjukkan kandungan biodiesel berbanding terbalik dengan kecepatan pembakaran. Semakin tinggi kandungan biodiesel dalam sebuah droplet menyebabkan kecepatan pembakaran droplet semakin rendah. Hal ini dikarenakan nilai kecepatan pembakaran dari pembakaran sebuah droplet sangat dipengaruhi oleh faktor nilai *flash point* yang dimiliki oleh biodiesel. *Flash point* merupakan suhu terendah bahan bakar bisa menyala.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengujian biodiesel dari minyak jelantah dengan variasi penambahan komposisi biosolar B0, B10, B20, B30 dan B100 dengan metode pengujian pembakaran premix. Melihat aplikasi pembakaran premix yang banyak digunakan di kehidupan sehari-hari, maka penelitian juga bertujuan untuk membandingkan campuran biosolar / *Industrial Diesel Oil* (IDO) dengan biodiesel minyak jelantah untuk mengetahui karakteristik pembakarannya seperti sudut api pembakaran dan kecepatan pembakaran dengan menggunakan alat *bunsen burner*.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka rumusan masalah yang akan diangkat oleh peneliti adalah:

1. Bagaimana pengaruh komposisi penambahan biodiesel pada biosolar terhadap sudut api pembakaran?
2. Bagaimana pengaruh penambahan biodiesel pada biosolar terhadap kecepatan pembakaran?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh sudut api pembakaran premix terhadap komposisi penambahan biodiesel minyak jelantah pada biosolar.
2. Mengetahui pengaruh kecepatan pembakaran premix terhadap komposisi penambahan biodiesel minyak jelantah pada biosolar.

## 1.4 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan tentang minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel;
2. Memanfaatkan minyak jelantah sebagai bahan baku alternatif yang ramah lingkungan serta dapat diperbarui dalam pembuatan biodiesel;
3. Sebagai salah satu langkah untuk mengurangi limbah minyak jelantah;
4. Menambah wawasan kepada semua masyarakat mengenai kandungan biodiesel yang ramah lingkungan dan ekonomis.

## 1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah ditetapkan, adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. pengaruh angin diabaikan;
2. Kandungan biodiesel minyak jelantah diasumsikan sama;
3. Kondisi suhu lingkungan dan suhu *heater* dianggap tetap.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Biodiesel terdiri dari campuran mono – alkyl ester dari rantai panjang asam lemak yang dipakai sebagai alternatif untuk bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diproduksi dari minyak-minyak tumbuhan seperti minyak kelapa, minyak jarak, minyak kelapa sawit dan minyak goreng bekas (Astuti, 2008). Penggunaan biodiesel dapat mengurangi emisi polutan gas dan pemanasan global karena kandungan biodiesel bebas sulfur, tidak beracun, dan mudah terurai (*biodegradable*) (Miranda dkk., 2017).

Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Transesterifikasi merupakan proses transformasi kimia molekul trigliserida yang besar dari minyak nabati dan menjadi molekul yang lebih kecil, hampir sama dengan molekul dalam bahan bakar diesel. Melalui reaksi transesterifikasi, trigliserida di dalam minyak jelantah bereaksi dengan alkohol (dipercepat oleh katalis) dan menghasilkan biodiesel, yang dapat digunakan sebagai energi alternatif (Haryanto dkk., 2015). Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa atau alkali, biasanya digunakan bahan NaOH) atau KOH.

#### 2.1.1 Potensi Bahan Baku Biodiesel

Indonesia memiliki berbagai bahan baku yang berpotensi untuk dijadikan biodiesel. Indonesia memiliki potensi pertanian yang sangat besar yang tersebar di berbagai daerah di Indonesia. Terdapat berbagai jenis tumbuhan yang dapat dijadikan sebagai bahan baku biodiesel. Penggunaan lahan subur berpotensi untuk dijadikan

sebagai lahan pertanian bahan baku produk pangan. Berikut ini Tabel 2.1 tumbuhan penghasil minyak lemak.

Tabel 2.1 Tumbuhan indonesia penghasil minyak lemak

No.	Nama lokal	Sumber	Kadar %
1	Jarak pagar	Inti biji ( karnel)	40-60
2	Karet	Biji	40-50
3	Kapuk/Randu	Biji	24-50
4	Kelapa	Daging ubuah	60-70
5	Kemiri	Inti biji ( karnel)	57-69
6	Sawit	Sabut + Daging buah	45-70+45-54
7	Alpukat	Daging buah	40-80
8	Pepaya	Biji	20-25
9	Padi	Dedak	20
10	Jagung	Germ	33

Sumber : (Tatang, 2005).

### 2.1.2 Syarat Mutu Biodiesel

Biodiesel yang sudah jadi harus memiliki standart mutu yang sesuai dengan standart mutu biodiesel yang sudah ada, agar dapat diaplikasikan ke dalam mesin diesel. Standart mutu ini digunakan untuk mengetahui apakah bahan bakar tersebut layak atau tidak. Menurut Aziz (2011), standart mutu biodiesel yang dapat disajikan berdasarkan SNI 7182:2015 seperti Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Syarat mutu biodiesel

No.	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 °C	Kg/m <sup>3</sup>	850-890
2	Viskositas kinematik pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s(cSt)	2,3-6,0
3	Angka setane	Min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C,min	100
5	Titik kabut	°C,maks	18
6	Temperatur destilasi 90%	°C,maks	360
7	Angka asam	mg-KOH/g,maks	0,5

Sumber: SNI 7182:2015 Biodiesel

### 2.1.3 Perbandingan Sifat antara Biodiesel dan Bahan Bakar Diesel

Bahan bakar mempunyai keunggulan dan kekurangan masing-masing baik bahan bakar fosil maupun bahan bakar non fosil (biodiesel). Menurut Yaakob (2012) biodiesel lebih unggul dibandingkan bahan bakar diesel komersial karena terbarukan, biodegradable, tidak beracun, relatif ramah lingkungan. Berdasarkan pernyataan di atas berikut Tabel 2.3 menunjukkan sifat-sifat biodiesel dari minyak jelantah dan bahan bakar diesel komersial.

Tabel 2.3 Perbandingan sifat antara biodiesel dari minyak jelantah dan bahan bakar diesel koemrsial.

Properti BBM	Unit	Biodiesel dari minyak jelantah	Bahan bakar diesel komersial
Viskositas kinematik (40°C)	mm <sup>2</sup> /s	5,3	1,9-4,1
Massa jenis	kg/L	0,897	0,075-0,840
Titik nyala	K	469	340-358
Titik tuang	K	262	254-260
Angka cetane	-	54	40-46
Kadar abu	%	0,004	0,008-0,010
Kandungan sulfur	%	0,06	0,35-0,55
Residu karbon	%	0,33	0,35-0,40
Kandungan Air	%	0,04	0,02-0,05
Nilai pemanas yang lebih tinggi	MJ/kg	42,6	45,62-46,48
FFA	MgKOH/g	0,10	-

Sumber : (Yaakob dkk.,2012).

## 2.2 Minyak Goreng Bekas (Minyak Jelantah)

Minyak jelantah (*waste cooking oil*) adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya. Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga, umumnya dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner. Menurut Kawentar dan Budiman (2013) ada dua jenis minyak goreng bekas, yaitu Minyak limbah dari minyak sayur umumnya dihasilkan oleh restoran cepat saji dan minyak limbah dari minyak limbah restoran cepat saji umumnya dihasilkan oleh pedagang makanan kaki lima.

Masyarakat Indonesia mempunyai kebiasaan yaitu menggunakan minyak goreng berkali-kali atau menggunakan minyak goreng yang tampak bagus meski bekas penggorengan. Minyak goreng telah melalui 3-4 kali proses pemanasan dan



pendinginan, itu akan mengakibatkan kandungan nutrisi pada minyak hampir hilang atau sudah tidak layak konsumsi. Apabila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsiogenik yang terjadi selama proses penggorengan senyawa tersebut senyawa yang berbahaya, misalnya asam lemak jenuh dan radikal bebas (peroksida) yang diyakini dapat menimbulkan gangguan fungsi pada organ tubuh (Sutejo dan Dewi, 2012). Jadi jelas bahwa pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah dapat bermanfaat dan menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan.

#### 2.2.1 Ketersediaan Minyak Jelantah

Hasil dari sisa penggorengan akan menjadi minyak jelantah yang berpotensi sebagai bahan baku untuk menghasilkan biodiesel. Minyak jelantah tersedia cukup melimpah, menurut data dan sistem informasi pertanian pada tahun 2013-2017 total penyediaan minyak sawit terus mengalami peningkatan sebesar 22,13% /tahun yang disebabkan oleh meningkatnya produksi minyak sawit nasional. Adapun data hasil perhitungan neraca penyediaan dan penggunaan minyak goreng sawit tertera pada tabel 2.4 berikut.



Tabel 2.4 Data Hasil Perhitungan Neraca Penyediaan dan Penggunaan Minyak Goreng Sawit Tahun 2013-2017.

Uraian	Tahun				
	2013	2014	2015	2016	2017
Penggunaan minyak goreng sawit (ton)	1.848.037	2.001.454	2.336.835	2.523.544	2.511.126
- Kosumsi rumah tangga (ton)	1.774.855	1.937.483	2.291.127	2.417.340	2.426.068
- Tercecer waste (ton)	73.182	63.971	45.708	106.204	85.059

Sumber: pusat data dan informasi pertanian 2017

### 2.2.2 Kandungan Kimia Minyak Jelantah

Bahan dasar minyak goreng bisa bermacam-macam seperti kelapa, sawit, kedelai, jagung dan lain-lain. Meski beragam secara kimia isi kandungannya sebetulnya tak jauh beda, yakni terdiri dari beraneka asam lemak jenuh (AL) dan asam lemak tidak jenuh (ALT). Dalam jumlah kecil kemungkinan terdapat juga lesitin, cephalin, fosfatida lain, sterol, asam lemak bebas, lilin, pigmen larut lemak, dan hidrokarbon, termasuk karbohidrat dan protein. Hal yang kemungkinan berbeda adalah komposisinya (Syamsidar, 2013). Tabel 2.6 berikut kandungan asam lemak dari minyak jelantah.

Tabel 2.5 Kandungan Asam Lemak pada Minyak Jelantah

No	Asam Lemak Jenuh	Asam Lemak Tak Jenuh
1	Asam Stearat	Palminat
2	-	Linolenat

Sumber : (Syamsidar, 2013)

## 2.3 Pembuatan Biodiesel

Proses pembuatan biodiesel sangat mudah dan sederhana. Pengolahan minyak jelantah mengubah molekul-molekul asam lemak tak jenuh dalam minyak nabati menjadi asam lemak jenuh dengan menggunakan alkohol (metanol & etanol) dan katalis (NaOH atau KOH) pada proses transesterifikasi. Campuran dari minyak jelantah dengan NaOH atau KOH akan membentuk gliserol yang mengendap dibagian bawah dan etil ester (biodiesel) mengapung dipermukaan (Prasetyo, 2018). Berdasarkan kandungan asam lemak bebas dalam minyak jelantah maka proses pembuatan biodiesel yaitu sebagai berikut.

### 2.3.1 Transesterifikasi

Transesterifikasi yaitu reaksi trigliserida di dalam minyak jelantah dengan media alkohol (dipercepat oleh katalis) dan menghasilkan biodiesel (Haryanto dkk., 2015). Dalam proses reaksi transesterifikasi menghasilkan produk yaitu gliserol yang mengendap dibagian bawah dan etil ester (biodiesel) mengapung dipermukaan. Biasanya di dalam proses transesterifikasi menggunakan katalis NaOH atau KOH. Transesterifikasi biodiesel dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya waktu reaksi, suhu, dan jenis katalis (Haryanto dkk., 2015).

### 2.3.2 Pencucian

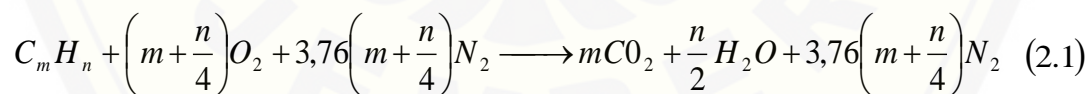
Setelah dilakukan pengendapan kurang lebih 1 hari, kemudian dilakukan pemisahan antara gliserol dan biodiesel. maka proses selanjutnya yang perlu dilakukan adalah pencucian/*washing* biodiesel. Proses pencucian bertujuan untuk menghilangkan solven maupun sisa dari bahan pada saat tahap sebelumnya yang tidak dibutuhkan di dalam kandungan biodiesel. Proses pencucian menggunakan air mineral yang di masak hingga mendidih yang nantinya akan dicampurkan dengan biodiesel, kemudian dipisahkan kembali antara biodiesel dengan campuran air menggunakan corong pemisah setelah kurang lebih 1 hari pengendapan.

### 2.3.3 Pemasakan

Setelah dilakukan pemisahan antara biodiesel dengan campuran air. Proses yang terakhir yang harus dilakukan adalah pemasakan biodiesel. Proses pemasakan biodiesel bertujuan untuk menghilangkan air yang tidak sengaja ikut ke dalam biodiesel saat pemisahan. Pemasakan ini seperti halnya memasak air, yang dimasukkan ke dalam wadah kemudian di masak sampai suhu antara 80°C -100°C, apabila sudah sampai suhu tersebut kemudian didinginkan dan biodiesel siap dipakai.

## 2.4 Reaksi Pembakaran

Pembakaran merupakan suatu proses reaksi kimia antara suatu bahan bakar dan suatu oksidan, disertai juga dengan produksi panas yang kadang akan menimbulkan cahaya dalam bentuk api. (Ridhuan,2016). Bahan bakar merupakan segala substansi yang melepaskan panas ketika dioksidasi, secara umum mengandung unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S). Sementara oksidator adalah segala substansi yang mengandung oksigen (misalnya udara) yang akan bereaksi dengan bahan bakar. Oksigen yang dibutuhkan untuk proses pembakaran di dapatkan dari udara, dimana udara terdiri dari 21 % oksigen, 78% nitrogen dan 1% unsur lain yang akan bereaksi dengan bahan bakar (Firmansyah, 2008). Berikut reaksi stoikiometri pembakaran hidrokarbon murni  $C_mH_n$  dapat ditulis dengan persamaan.



## 2.5 Air Fuel Ratio (AFR)

Metode ini merupakan metode yang paling sering digunakan dalam mendefinisikan campuran dan merupakan perbandingan antara massa dari udara

dengan bahan bakar pada suatu titik tinjau. Secara simbolis, AFR dihitung sebagai:

$$AFR = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad (2.2)$$

Dimana :

$m_a$  = massa udara

$m_f$  = massa bahan bakar

Jika nilai aktual lebih besar dari nilai AFR, maka terdapat udara yang jumlahnya lebih banyak dari pada yang dibutuhkan sistem dalam proses pembakaran dan dikatakan miskin bahan bakar dan jika nilai aktual lebih kecil dari AFR stoikiometri maka tidak cukup terdapat udara pada sistem dan dikatakan kaya bahan bakar.

## 2.6 Ekuivalen Rasio ( $\emptyset$ )

Rasio ekuivalen didefinisikan sebagai perbandingan antara rasio udara bahan bakar (AFR) stoikiometri dengan rasio udara bahan bakar (AFR) aktual.

$$\emptyset = \frac{AFR_s}{AFR_a} \quad (2.3)$$

Dimana :

$\emptyset$  = Ekuivalen Rasio

$AFR_s$  = Air FuelRatio Stoikiometri

$AFR_a$  = Air FuelRatio Aktual

## 2.7 Kecepatan Nyala Api

Sebuah nyala api umumnya merupakan sebuah campuran antara *diffusion* dan *pre-mixed flame*, dimana udara dan bahan bakar akan tercampur dengan baik dan pada bagian lain akan tercampur secara tidak merata (Ridhuan dkk., 2016). Kecepatan nyala adalah kecepatan perambatan ujung nyala yang pada pembakaran

menggunakan *Bunsen* dapat didekati dengan laju aliran volume campuran udara dan bahan bakar dibagi luasan permukaan ujung nyala api (Dhiputra, 2009). Pengetahuan mengenai karakteristik api dan sifat bahan bakar dapat dijadikan tolak ukur untuk membuat sistem pembakaran dan pengelolannya. Untuk mencari kecepatan reaktan dapat menggunakan rumus.

$$V_u = \frac{Q_{udara} + Q_{bahanbakar}}{A} \quad (2.4)$$

Dimana :

$V_u$  = Kecepatan reaktan

$Q_{bahanbakar}$  = Debit bahan bakar

$Q_{udara}$  = Debit udara

$A$  = Luas permukaan *bunsenburner*

Apabila sudah diketahui kecepatan reaktan, maka dapat menghitung kecepatan pembakaran dengan rumus.

$$S_L = V_U \cdot \sin \alpha \quad (2.5)$$

Dimana :

$S_L$  = Kecepatan pembakaran

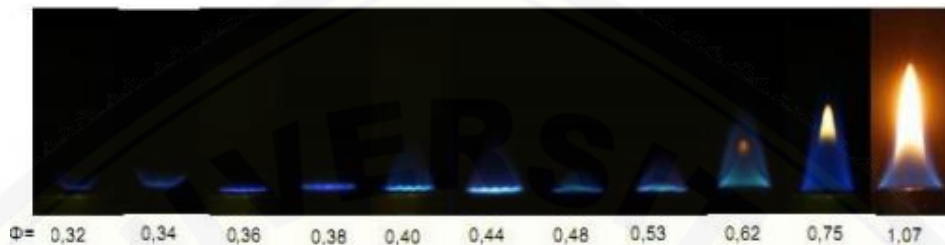
$\alpha$  = Sudut antar api dengan sumbu

## 2.8 Nyala Api Premix

Nyala api premix (*Premixed Flame*) adalah nyala api yang dimana bahan bakar dan udara akan bercampur di dalam burner sebelum di alirkan pada *nozzle* dan akan mulai dibakar (Ridhuan dkk., 2016). Umumnya indikasi *premixed flame* dapat dilihat dari warna biru. Contoh perbedaan nyala api premix dan difusi dalam kehidupan sehari-hari, contoh untuk nyala api premix terjadi dalam proses



pembakaran pengelasan dimana gas dan udara bercampur sebelum terjadi nyala api, dan untuk contoh nyala api difusi terjadi dalam proses penyalaan kompor dan korek api dimana bahan bakar bercampur dengan udara luar sehingga terjadi nyala api.



Gambar 2.1 Nyala api dengan perbedaan ekuivalen rasio (Wirawan,dkk, 2014).

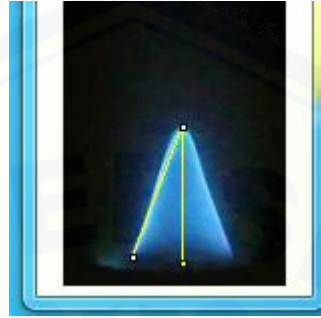
Gambar 2.1 menjelaskan bahwa semakin kecil ekuivalen rasio maka api yang dihasilkan semakin kecil, Hal ini terjadi karena semakin kaya udara menyebabkan bahan bakar memiliki udara yang berlebih sehingga bahan bakar (*fuel*) yang terbakar secara *difusi* semakin berkurang dan menyebabkan pembakaran yang dekat dengan permukaan ujung nosel *bunsen burner* sehingga tinggi api yang terbentuk semakin pendek hingga terjadi *blowoff* atau padam. Pada kondisi terlalu banyak udara akan mengakibatkan kehilangan panas dan efisiensi pembakaran berkurang. *Equivalence ratio* menunjukkan bahwa apakah dalam suatu proses pembakaran terjadi kelebihan udara atau campuran kelebihan bahan bakar. *Equivalence ratio* sangat berpengaruh terhadap kecepatan pembakaran dan sudut nyala api (Muhaya dan Whidiyanuriyawan, 2015).

## 2.9 Sudut Nyala Api

Pengambilan sudut api digunakan untuk mengetahui perubahan sudut nyala api sebab dalam pembakaran *premixed* laminar, nilai besar sudut api mempengaruhi kecepatan pembakaran, karena nilai sudut kerucut api berbanding lurus dengan kecepatan pembakaran (Riwu, 2016). Pada pengukuran sudut nyala api akan



terbentuk 1 sudut kerucut (Gambar 2.2) sudut akan berubah-ubah sesuai komposisi dari bahan bakar yang berubah, dengan tambahan udara pembakaran.



Gambar 2.2 Cara mengukur sudut nyala api

### 2.10 Bunsen Burner

*Bunsen burner* merupakan alat pembakaran (*burner*) pertama yang dapat menghasilkan nyala api premix (*premixed flame*). *Bunsen burner* ini menggunakan prinsip pengaturan aliran campuran udara-udara bakar gas secara kontinyu. *Bunsen burner* pertama kali ditemukan oleh William Bunsen pada tahun 1855. *Burner* merupakan tempat terjadinya suatu pembakaran dalam kompor. Dimana bahan bakar dan oksigen bertemu burner sangat berpengaruh dalam pembentukan nyala api di dalam konstruksi kompor (Ridhuan dkk., 2016).

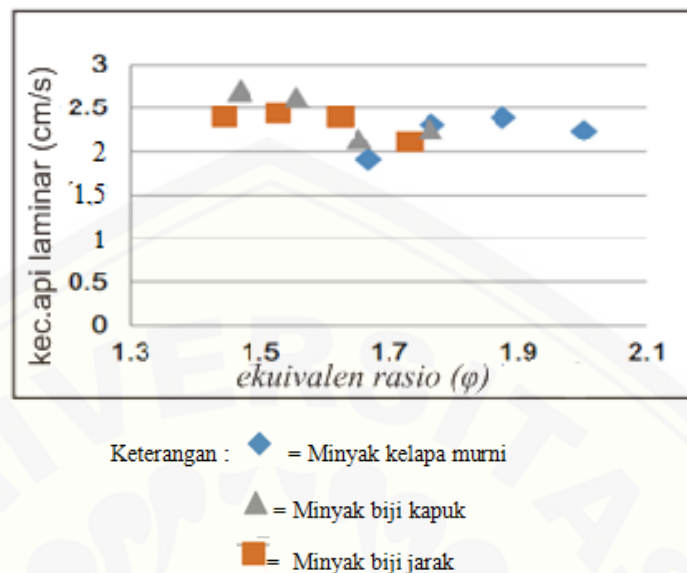


Gambar 2.3 *Bunsen Burner*

Bahan bakar gas masuk ke dalam *burner* melalui saluran masuk pipa di dasar burner yang ujung pipanya berbentuk *nozzle* agar bahan bakar gas langsung dapat bercampur dengan baik dengan udara primer (*primary air*) yang masuk secara radial melalui *control ring*. Sepanjang melewati tabung pembakaran (*barrel*), gas dan udara akan bercampur dengan baik mendekati campuran homogen dan mengalir keluar dari ujung tabung pembakaran secara kontinyu (Firmansyah, 2008)

### 2.11 Peneliti Terdahulu

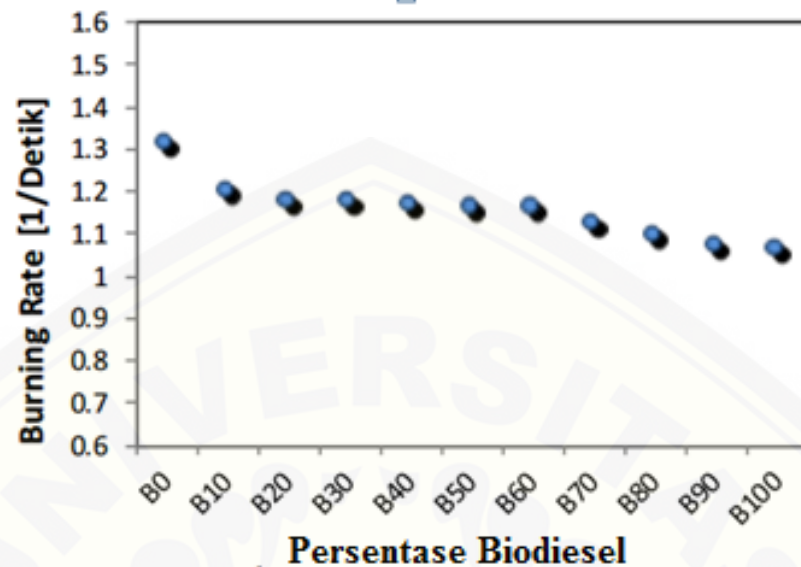
Muhaya (2015) melakukan penelitian pola api *bunsen burner* minyak kelapa murni, jarak pagar dan biji kapuk dengan *equivalence ratio* ( $\varphi$ ) sebagai berikut: (2.00, 1.87, 1.78, 1.66), (1.73, 1.62, 1.52, 1.44) dan (1.76, 1.65, 1.55, 1.46), semakin kaya udara maka pola api yang terlihat semakin mengecil hingga *blowoff*.



Gambar 2.4 *Equivalence ratio* ( $\phi$ ) vs kecepatan api laminar (SL) minyak kelapa murni, jarak pagar dan biji kapuk pada api *bunsen burner*.

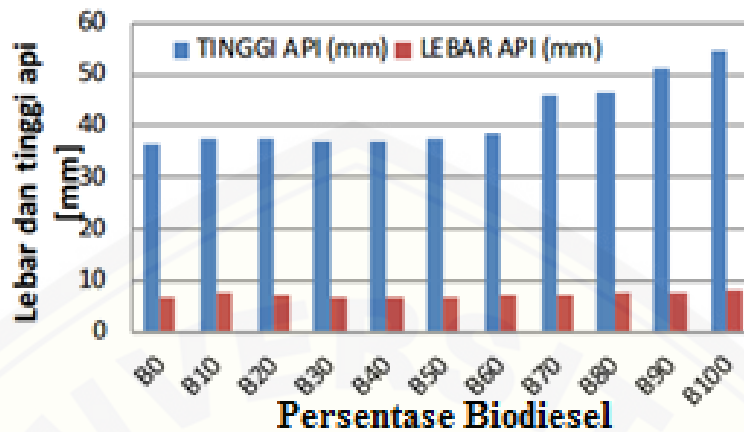
Hal ini terjadi karena semakin kaya udara menyebabkan bahan bakar memiliki udara yang berlebih sehingga bahan bakar (*fuel*) yang terbakar secara *difusi* semakin berkurang dan menyebabkan pembakaran yang dekat dengan permukaan ujung nosel *bunsen burner* sehingga tinggi api yang terbentuk semakin pendek hingga terjadi *blow off* atau padam. Pada kondisi terlalu banyak udara akan mengakibatkan kehilangan panas dan efisiensi pembakaran berkurang.

Menurut Sasongko (2018) dalam penelitiannya pada campuran biodiesel minyak goreng bekas dibawah 50%, semakin tinggi kandungan biodiesel dalam campuran solar semakin tinggi juga temperatur maksimum pembakaran droplet. Sedangkan pada kandungan biodiesel minyak goreng di atas 50% sampai 100% menunjukkan temperatur yang cenderung konstan.



Gambar 2.5 Kecepatan pembakaran

Pada Gambar 2.5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kandungan biodiesel minyak goreng bekas dalam sebuah droplet menyebabkan kecepatan pembakaran droplet semakin rendah. Nilai *burning rate* dari pembakaran sebuah droplet dalam penelitian ini sangat dipengaruhi oleh faktor nilai *flash point* yang dimiliki oleh biodiesel. *Flash point* merupakan suhu terendah bahan bakar bisa menyala. Pada suhu tersebut bahan bakar akan menguap kemudian bercampur dengan udara bebas dan membentuk reaktan yang dapat terbakar. Sehingga semakin tinggi nilai *flash point* suatu bahan bakar maka semakin sulit bahan bakar untuk terbakar.



Gambar 2.6 Tinggi dan Lebar api

Pengaruh variasi persentase minyak goreng bekas dalam campuran biodiesel terhadap tinggi dan lebar api pembakaran droplet. Seperti terlihat pada Gambar 2.6, semakin besar campuran minyak goreng bekas dalam biodiesel, menyebabkan semakin tinggi juga tinggi api yang dihasilkan, sedangkan untuk lebar api tidak mengalami perubahan yang signifikan. Menurut teori, hal ini berhubungan dengan nilai *burning rate*, dimana proses pembakaran yang terjadi dengan cepat akan menghasilkan ukuran api yang lebih kecil dibandingkan dengan reaksi pembakaran yang berlangsung lambat.

## 2.12 Hipotesa

Mengacu pada tinjauan pustaka di atas hipotesis yang disampaikan dalam penelitian, nilai karakteristik pembakaran menghasilkan sudut nyala api dan kecepatan pembakaran paling tinggi saat semakin rendah kandungan biodiesel. Hal ini dikarenakan kecepatan pembakaran sangat dipengaruhi oleh *viskositas*, *densitas* dan titik penguapan yang dimiliki oleh biodiesel. Semakin tinggi *viskositas*, *densitas* dan titik penguapan maka semakin sulit bahan bakar untuk terbakar.

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh minyak jelantah dan solar dengan variasi komposisi B0, B10, B20, B30, dan B100. Biodiesel hasil pencampuran dengan minyak jelantah digunakan sebagai bahan bakar pada *bunsen burner*. Pengujian tahap ini adalah untuk mengetahui pengaruh minyak jelantah terhadap laju rambat api, sehingga mengetahui karakteristik pembakaran antara biosolar dengan minyak jelantah.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan alat penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai April 2019.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.3.1 Alat pembuatan biodiesel

- |                               |                                |
|-------------------------------|--------------------------------|
| a. Panci (2 L)                | g. Kompor                      |
| b. <i>Magnetic stirrer</i>    | h. Timbangan Miligram          |
| c. Gelas Ukur (25 ml)         | i. <i>Timer</i>                |
| d. <i>Statip</i>              | j. Gelas <i>Beker</i> (100 ml) |
| e. Botol Penyimpan<br>(1,5 L) | k. Spatula                     |
| f. <i>Thermostat</i>          | l. <i>Heater</i> (125°C)       |



### 3.3.2 Bahan pembuat biodiesel

- a. Minyak jelantah
- b. Metanol
- c. KOH (kalium hidroksida)
- d. Air
- e.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (Asam Cuka)

### 3.3.3 Penelitian Karakteristik Pembakaran

Alat yang digunakan yaitu

- |                                |                                       |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| <i>a. Bunsen burner</i>        | <i>k. Syringe(suntikan) 3 ml</i>      |
| <i>b. Mixing chamber</i>       | <i>l. Flame gun (heater)</i>          |
| <i>c. Heater</i>               | <i>m. Kamera cannon 1200D</i>         |
| <i>d. Pipa tembaga</i>         | <i>(25fps, ISO 1600)</i>              |
| <i>e. Flow meter</i>           | <i>n. Tripot</i>                      |
| <i>f. Selang udara</i>         | <i>o. Termometer (-50°C + 1300°C)</i> |
| <i>g. Filter air separator</i> | <i>p. Kawat nikelin 1000 w</i>        |
| <i>h. Valve pembuangan</i>     | <i>q. Dimmer 2000 w</i>               |
| <i>i. Kompres or</i>           |                                       |
| <i>j. Syringe pump</i>         |                                       |

Bahan yang digunakan yaitu

- a. Biodiesel Minyak Jelantah
- b. Biosolar

## 3.4 Variabel Penelitian

### 3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. percampuran biosolar dan minyak jelantah dengan komposisi B0, B10, B20, B30, dan B100.
- b. Ekuivalen rasio pembakaran
- c. Debit udara

#### 3.4.2 Variabel Terikat

Vabel terikat yaitu faktor- faktor diamati dan diukur dalam rangka menentukan pengaruh variabel bebas, di dalamnya itu termasuk faktor yang muncul, atau tidak muncul, atau berubah sesuai dengan yang diperkenalkan oleh peneliti. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data-data diperoleh pada pengujian api pembakaran laminer menggunakan minyak jelantah dan pengujian perbandingan sudut api komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100 untuk menganalisa data-datanya yang meliputi :

- a. Sudut api pembakaran
- b. Kecepatan pembakaran

#### 3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, tidak dapat dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. variabel kontrol yang digunakan sebagai berikut :

- a. Suhu heater 450°C
- b. Debit bahan bakar 0,5 ml/menit

### 3.5 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini meliputi:

- a. Data primer, merupakan data yang diperoleh langsung dari pengukuran karakteristik api pembakaran pada masing-masing pengujian biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100

- b. Data sekunder, merupakan data yang diperoleh dari literatur perhitungan maupun hasil pengujian kecepatan pembakaran.

### 3.6 Pengamatan yang dilakukan

Pada penelitian ini yang akan diamati adalah

1. Mengukur sudut nyala api
2. Menentukan kecepatan pembakaran

### 3.7 Tahap Penelitian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh campuran minyak jelantah terhadap biosolar. Terhadap prosedur yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

#### 3.7.1 Tahap Penyiapan Minyak Jelantah

Tahap penyiapan minyak jelantah dilakukan dengan menukarkan minyak baru 1 liter kemudian dibarter dengan minyak jelantah 2 liter kepada ibu Kholik penjual gorengan di kantin etan Tenik Universitas Jember, kemudian membuat variasi campuran dengan komposisi bahan bakar komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100.

#### 3.7.2 Tahap Pengujian Karakteristik Biodiesel Minyak Jelantah

Pengujian karakteristik mencakup 3 parameter pengujian yaitu massa jenis, *viskositas*, dan titik penguapan, dari pengujian tersebut dapat diketahui bahwa biodiesel telah memenuhi Standart Nasional Indonesia sebagai bahan bakar yang tercantum dalam SNI 7182 : 2015 atau tidak memenuhi standart.

##### a. Tahap pengujian massa jenis

1. Siapkan bahan bakar / bahan cair.
2. Siapkan gelas ukur ( ukuran 150 s/d 250 ml ).
3. Siapkan aerometer.

4. Masukkan bahan ke gelas ukur.
5. Masukkan aerometer ke gelas ukur yang sudah ada bahan bakar / cair.
6. Tekan secara perlahan aerometer sampai kedasar dan lepas.
7. Tunggu sampai aerometer mengambang secara stabil.
8. Baca alat ukur tersebut disitulah hasil massa jenis bahan bakar.

b. Tahap pengujian *viskositas*

1. Masukkan bahan uji ke tabung pengukuran sebanyak sebatas jarum tunjuk ( $\pm 125$  ml )
2. Siapkan penyangga gelas ukur
3. Siapkan gelas ukur 50 ml
4. Siapkan *stop watch*
5. Siapkan digital *termometer*
6. Masukkan air kedalam tabung yang mengelilingi bahan uji sebanyak  $\pm 2$  liter
7. Masukkan Temperatur ke dalam tabung yang mengelilingi bahan uji
8. Tentukan suhu yang diinginkan dengan menggunakan *heater* alat tersebut
9. Setelah suhu yang diinginkan telah siap maka buka jarum viskometer
10. Bersamaan dengan hitung kecepatan waktu yang jatuh ke gelas ukur sebanyak 50 ml
11. Waktu tersebut masukkan kerumus di bawah ini

$$V = 0.0026t - 1.175/t$$

$V$  = *viskositas* kinematik di *stokes*

$t$  = waktu dalam detik untuk mengumpulkan 50 cc minyak

c. Tahap pengujian titik penguapan

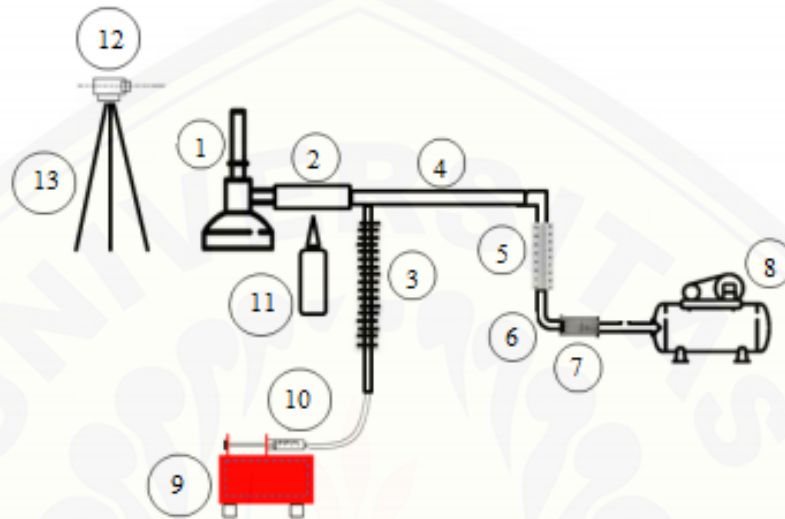
1. Siapkan bahan bakar (biosolar dan biodiesel).
2. Siapkan gelas ukur (25ml).
3. Siapkan termometer digital 1000°C.
4. Siapkan *stopwatch*.
5. Siapkan kompor dan panci kapasitas 2 liter.
6. Lalu ukur masing-masing bahan bakar sebanyak 25 ml (biosolar dan biodiesel).
7. Masukkan masing-masing bahan bakar ke panci kemudian dipanaskan menggunakan kompor dengan suhu 100-150°C dan *stopwatch* di *start*.
8. Lalu amati, apabila bahan bakar sudah mengalami penguapan cek suhu bahan bakar dan pada detik beberapa bahan bakar mengalami penguapan.
9. Disitulah titik penguapan dari masing-masing bahan bakar.

3.7.3 Tahap Pembuatan Alat Pengujian Karakteristik Pembakaran

Tahap pembuatan alat pengukur kecepatan api ini dengan menggunakan *bunsen* sebagai tempat premix bahan bakar serta metode sirkulasi pembakaran yang kontinyu, berikut langkah pembuatannya:

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
- b. Lapisi pipa tembaga diameter 5 mm dengan kertas teflon, kemudian masukkan nikelin 1000 w ke pipa tembaga yang berguna sebagai *heater*.
- c. Menghubungkan kawat nikelin dengan dimmer 2000 w.
- d. Menghubungkan pipa tembaga dengan selang bahan bakar dan selang kompresor.
- e. Menghubungkan selang kompresor dengan *air separator filter* kompresor, serta dengan *flow meter* udara yang sudah ditentukan.
- f. Menghubungkan rangkaian pipa udara dan bahan bakar dengan *bunsen burner*.

- g. Menyiapkan kamera yang diletakkan pada tripot untuk mengambil bentuk dan tinggi api yang stabil secara visual dengan posisi yang tepat.



Gambar 3.1 Skema pembakaran biosolar komposisi biodiesel

Keterangan Gambar :

- |                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 1. <i>Bunsen burner</i>        | 8. Kompresor                  |
| 2. <i>Mixing chamber</i>       | 9. <i>Syringe pump</i>        |
| 3. <i>Heater</i>               | 10. <i>Syringe (3ml)</i>      |
| 4. <i>Pipa tembaga</i>         | 11. <i>Flame gun (heater)</i> |
| 5. <i>Flowmeter</i>            | 12. <i>Kamera cannon</i>      |
| 6. <i>Selang udara</i>         | 13. <i>Tripot</i>             |
| 7. <i>Filter air separator</i> |                               |



### 3.8 Tahap Pengujian

#### 3.8.1 Tahap Penyiapan Tempat

Tahap pengujian kecepatan pembakaran biodiesel penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember dengan keadaan cahaya gelap.

#### 3.8.2 Tahap Pengujian Sudut Api dan Kecepatan Pembakaran

- a. Melakukan uji coba penggunaan *heater* sebagai pemanas agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya.
- b. Melakukan uji coba kebocoran alat.
- c. Menghitung debit udara dan bahan bakar yang diberikan pada masing-masing komposisi biodiesel.
- d. Menyiapkan bahan bakar biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100 yang akan diambil dengan *syringe* secara bergantian untuk ditekan menggunakan *syringe pump*.
- e. Menyalakan *heater* pada saluran bahan bakar dan *heater mixing chamber* sesuai dengan kebutuhan panas.
- f. Membuka valve udara kompresor dan diatur melalui *flowmeter* sesuai dengan perhitungan yang sudah ditentukan.
- g. Bahan bakar dialirkan melalui selang silikon kemudian dipanaskan pada *heater*.
- h. Setelah bahan bakar dipanaskan akan berubah jadi uap yang kemudian akan bercampur dengan udara di *mixing chamber* yang telah dipanasi menggunakan *flame gun*.
- i. Penyalaan api akan dilakukan setelah asap sudah keluar dari *burner*.
- j. Pengambilan gambar akan dilakukan dengan cara merekam hasil dari api dengan kamera.
- k. Setelah merekam selesai, kemudian video dirubah jadi foto.
- l. Mengukur sudut api dilakukan menggunakan *software image-J*.

- m. Menghitung kecepatan pembakaran.
- n. Mencatat hasilnya.

### 3.9 Rekap Pengambilan Data

Data yang diperlukan untuk pengujian pencampuran biosolar dengan minyak jelantah menggunakan komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100.

- a. Pengambilan data sudut nyala api dan kecepatan pembakaran

Untuk menentukan nilai kecepatan pembakaran dan sudut pada *bunsen burner* menggunakan persamaan yang juga digunakan pada *bunsen burner* yaitu:.

$$S_L = v \cdot \sin \alpha$$

Dengan :

$$S_L = \text{Kecepatan api laminar}$$

$$v = \text{Kecepatan reaktan}$$

$$\alpha = \text{Sudut api yang terbentuk}$$

Nilai kecepatan reaktan dapat diketahui

$$v = \frac{Q_{fuel} + Q_{reaktan}}{A}$$

Dengan :

$$V = \text{Kecepatan reaktan}$$

$$Q_{fuel} = \text{Debit bahan bakar}$$

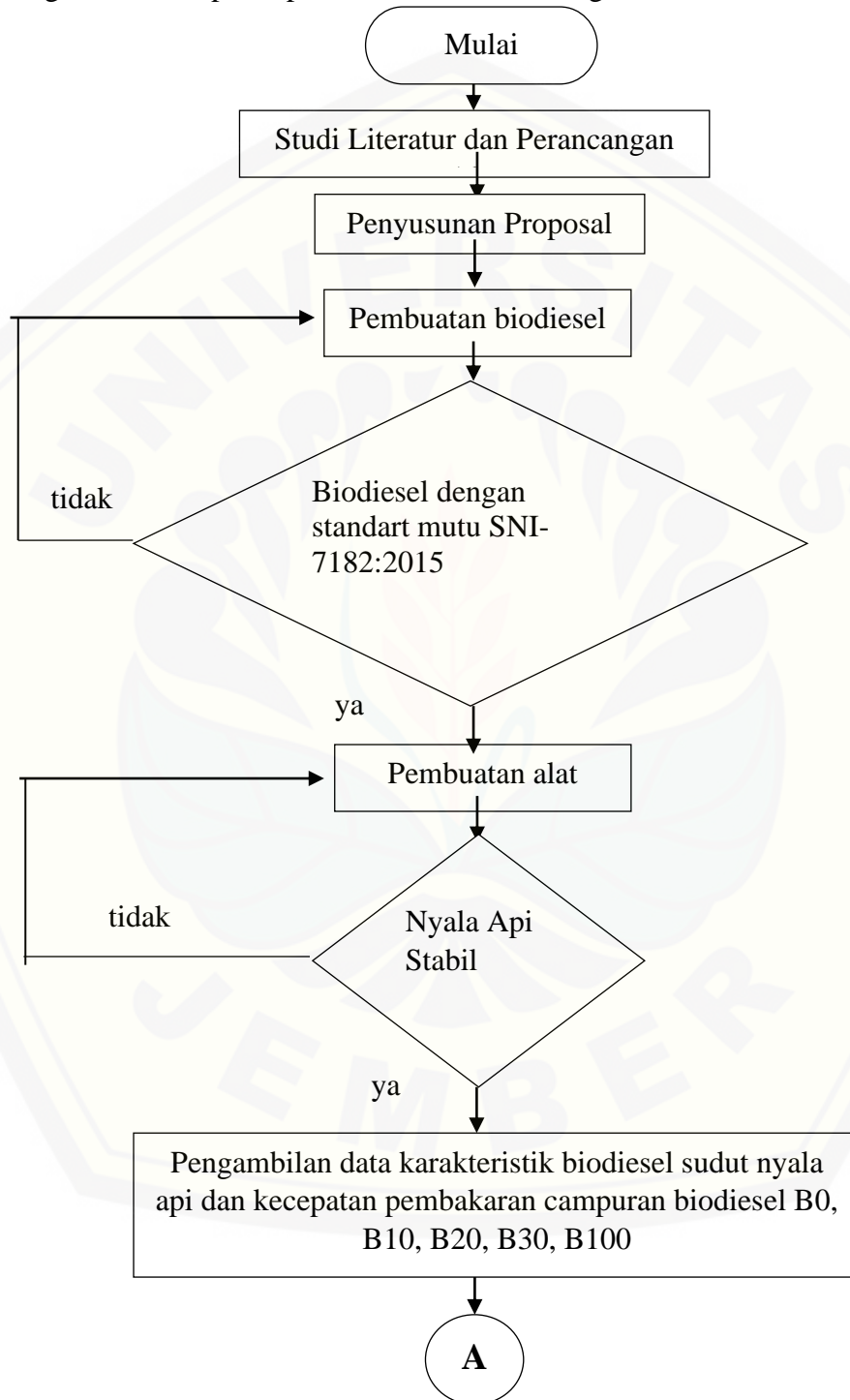
$$Q_{reaktan} = \text{Debit udara}$$

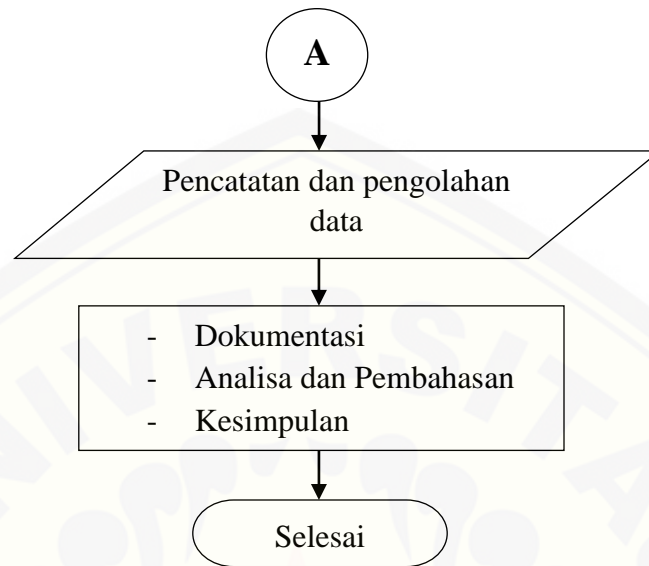
$$A = \text{Luas permukaan } \textit{bunsen perforated burner}$$

Nilai  $S_L$  diperoleh dari masing-masing variasi AFR dan rasio biodiesel yang dilakukan pengujian setidaknya 3 kali percobaan.

### 3.10 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir kecepatan pembakaran adalah sebagai berikut:





Gambar 3.2. Diagram alir penelitian

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian karakteristik pembakaran premix biosolar dengan penambahan biodiesel minyak jelantah yang telah dilakukan meliputi sudut nyala api dan kecepatan pembakaran, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian sudut nyala api pembakaran biosolar dengan komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30, dan B100 menggunakan ekuivalen rasio 0,8 ,1 dan 1,2 terjadi penurunan sudut nyala api pembakaran seiring dengan penambahan presentase biodiesel. Hal ini disebabkan karena minyak jelantah mempunyai suhu penguapan yang lebih tinggi dibandingkan dengan biosolar.
2. Hasil pengujian kecepatan pembakaran biosolar dengan komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30, dan B100 menggunakan ekuivalen rasio 0,8 ,1 dan 1,2 terdapat penurunan kecepatan pembakaran seiring dengan penambahan presentase biodiesel. Hal ini disebabkan karena biodiesel minyak jelantah mempunyai *viskositas*, *densitas* dan titik penguapan lebih tinggi dibandingkan biosolar.

### 2.1 Saran

Dalam pelaksanaan pengujian sudut nyala api dan kecepatan pembakaran ini masih terdapat hal- hal yang perlu di perbaiki, antara lain:

1. *Heater* yang digunakan dapat menghasilkan temperatur yang lebih tinggi dan dapat dikontrol sesuai dengan kebutuhan.
2. Melakukan pergantian *syring* pada setiap pengujian agar menghindari karet memuai yang dapat menghambat kerja *syring pump* saat memberi tekanan.
3. Dalam pengujian ini bisa dilakukan ekuivalen rasio yang lebih banyak lagi.
4. *Flow meter* bisa diperbarui lagi agar lebih akurat.

5. Kompresor bisa diganti dengan blower yang dapat berpengaruh pada kesetabilan suplai udara.





**DAFTAR PUSTAKA**

- Astuti, E. 2008. Pengaruh konsentrasi katalisator dan rasio bahan terhadap kualitas biodiesel dari minyak kelapa. *Rekayasa Proses*, 2(1) : 5-10.
- Aziz, I.,S. Nurbayati dan B.Ulum. 2011. Pembuatan produk biodiesel dari minyak goreng bekas dengan cara esterifikasi dan transesterifikasi. *Valensi*, 2(3): 443-448.
- Budisma. 2015. Pengertian dan proses penguapan (evaporasi). <https://budisma.net/2015/06/pengertian-dan-proses-penguapan-evaporasi-2.html>. [Diakses pada 2 juni 2015].
- (BP-PEN) 2006 – 2025. Blueprint pengelolaan energi nasional 2006 - 2025. 2006. Praturan presiden nomer 5 tahun 2006. Jakarta.
- Buletin Konsumsi Pangan. 2017. *Pusat Data dan Informasi Pertanian*. Desember. Jakarta : Portal Epublikasi Pertanian, Kementrian Pertanian Republik Indonesia.
- Dhiputra, K.M.I., B.Sugiarto, Y.S.Nugroho dan G.P.Maharani 2009. Perubahan preheat zone thickness dan bilangan karlovitz pada fenomena flame lift-up pembakaran premix gas propana. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(1): 46-52.
- Dewajani, Heny. 2011. Pembuatan biodiesel dari minyak sawit secara kontinyu dalam reaktor berisian. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, 1693-4393.
- Firmansyah, R. 2008. Penelitian kestabilan dan panjang nyala api premix akibat variasi diameter dalam ring menggunakan gas propane pada bunsen burner. *Skripsi*. Universitas Indonesia.

- Hambali, E., S. Mudjalipah, A. Tambunan, A.W. dan Pattiwiri, R.Hendroko. 2007. *Teknologi bioenergi*. Jakarta. PT.Agromedi Pustaka.
- Haryanto, A, U. Silviana, S. Triyono dan S. Prabawa. 2015. Produksi biodiesel dari transesterifikasi minyak jelantah dengan bantuan gelombang mikro: pengaruh intensitas daya dan waktu reaksi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel. *AGRITECH*, 35(2):234-240.
- Kartika, D. dan S.W. Ningsih. 2012. Konsentrasi katalis dan suhu optimum pada reaksi esterifikasi menggunakan katalis zeolit asam aktif (ZAH) dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. *Natur Indonesia*, 14(3): 219-226
- Kawentar, W.A. dan A. Budiman. 2013. Synthesis of biodiesel from second-used cooking oil. *Energy Procedia*, 32: 190-199.
- Kuncahyo, P., A. Zuhdi M., Fathallah, dan Semin. 2013. Analisan Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel Sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia. *Jurnal TEKNIK POMITS 2* (1) :2337-3539.
- Muhaya, S. B. L., I. N. G. Wardana dan D. Widhiyanuriyawan. 2015. Pembakaran premix minyak nabati pada bunsen burner type silinder. *Jurnal rekayasa mesin*, 6(1): 45-50.
- Miranda, C.A., S. Caturebu, E. Basile, J. Carlos. R. Maria dan F. Guerhardt. 2018. Analisis of the cost and logistics of biodiesel production from used cooking oil in the metropolitan region of campinas (Brazil). *Renewable and Sustainable Energy*, 88: 373-379.
- Prasetyo, J. 2018. Studi pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. *Ilmu teknik kimia UNPAM*, 2(2).
- Peraturan presiden republik indonesia nomor 5 tahun 2006. *Blueprint pengolahan energi nasional 2006-2025*. Jakarta.

- Ridhuan, K., E. Septa. 2016. Variasi jumlah lubang dan ukuran diameter dan ukuran diameter burner kompor premium terhadap komposisi bahan bakar. *Turbo*, 5(2): 113-121.
- Riwu, D. B. N., I. N. G. Wardana dan L.Yuliawati. 2016. Kecepatan pembakaran premixed campuran minyak jarak liquefied petroleum gas (LPG) pada circula tube burner. *Jurbal rekayasa mesin*, 7(2): 41-47.
- Sari, N. 2019. Massa jenis air- pengertian,rumus dan contoh soal. <https://rumus.co.id/massa-jenis-air/>. [Diakses pada 08 juni 2019].
- Sasongko, M. N. 2018. Pengaruh prosentase minyak goreng bekas terhadap karateristik pembakaran droplet biodiesel. *Jurnal Teknik Mesin UNTIRTA*,4(2): 8-13.
- Syamsidar, H. 2013. Pembuatan dan uji kualitas biodiesel dari minyak jelantah. *Ternosains*, 7(2): 209-218.
- Sutejo,I.R. dan R.Dewi. 2012. Kerusakan sel hati dan peningkatan serum mencit akibat pemberian minyak goreng bekas pakai. *IKEMAS*, 8(1): 9-16.
- Wardana, I. K. G. 2010. Combustion characteristics of jatropha oil droplet at various oil temperatur. *Fuel*,89: 659-664.
- Wirawan, I. K.G.,I. N. G. Wardana, R. Soenoko dan S. Wahyudi. 2014. Premixed combustion of kapok (caiba pentandra) seed oil onperforated burner. *Int.journal of renewable energy development*, 3(2): 91-97.
- Yaakob, Z., M.Mohammad, M.Alberbawi, R.Alam dan K.Sopia. 2013. Overview of the production of biodiesel from waste cooking oil. *Renewable and Sustainable Energy*, 18: 184-193.

**LAMPIRAN**

**Lampiran A. Data Hasil Percobaan**

**1. Data Hasil Pengujian**

**Tabel A.1 Sudut Nyala Api Ekuivalen Rasio 0,8**

Sudut Nyala Api ( ° )					
Pengujian	B0	B10	B20	B30	B100
1	30,41	29,88	26,10	25,49	21,92
2	30,18	28,52	25,77	23,72	18,75
3	30,02	27,18	26,30	25,68	18,21
Rata-rata	30,20	28,53	26,05	24,96	19,63

**Tabel A.2 Sudut Nyala Api Ekuivalen Rasio 1**

Sudut Nyala Api ( ° )					
Pengujian	B0	B10	B20	B30	B100
1	25,02	21,21	20,56	20,82	19,25
2	26,16	21,39	20,56	20,10	18,53
3	26,90	22,96	20,27	20,61	19,78
Rata-rata	26,03	21,85	20,46	20,51	19,19

**Tabel A.3 Sudut Nyala Api Ekuivalen Rasio 1,2**

Sudut Nyala Api ( ° )					
Pengujian	B0	B10	B20	B30	B100
1	20,72	19,04	19,11	18,63	17,73
2	24,38	20,53	18,08	18,85	17,55
3	22,84	19,53	20,21	18,22	16,63
Rata-rata	22,65	19,70	19,13	18,57	17,30

**Tabel A.4 Kecepatan Pembakaran Ekuivalen Rasio 0,8**

Bahan Bakar	Pengujian	Sudut ( ° )	Kec. Reaktan	Kec. Pembakaran SL ( cm/s )	Rata –rata kec. Pembakaran SL ( cm/s )
	1	30,41	57,92	29,32	
B0	2	30,18	57,92	29,12	29,14
	3	30,02	57,92	28,98	
	1	29,88	57,18	28,48	
B10	2	28,52	57,18	27,30	27,48
	3	27,18	57,18	26,67	
	1	26,10	58,59	25,78	
B20	2	25,77	58,59	25,47	25,74
	3	26,30	58,59	25,96	
	1	25,49	55,98	24,09	
B30	2	23,72	55,98	22,52	23,62
	3	25,68	55,98	24,26	
	1	21,92	54,17	20,22	
B100	2	18,75	54,17	17,41	18,19
	3	18,21	54,17	16,93	

**Tabel A.5 Kecepatan Pembakaran Ekuivalen Rasio 1**

Bahan Bakar	Pengujian	Sudut ( ° )	Kec. Reaktan	Kec. Pembakaran SL ( cm/s )	Rata –rata kec. Pembakaran SL ( cm/s )
	1	25,02	46,34	19,59	
B0	2	26,16	46,34	20,43	20,15
	3	26,90	46,34	20,43	
	1	21,21	45,75	16,55	
B10	2	21,39	45,75	16,69	17,03
	3	22,96	45,75	17,85	
	1	20,56	46,53	16,34	
B20	2	20,56	46,53	16,43	16,29
	3	20,27	46,53	16,12	
	1	20,82	44,79	15,92	
B30	2	20,10	44,79	15,39	15,69
	3	20,61	44,79	15,75	
	1	19,25	43,34	14,28	
B100	2	18,53	43,34	13,73	14,23
	3	19,78	43,34	14,67	



**Tabel A.6 Kecepatan Pembakaran Ekuivalen Rasio 1,2**

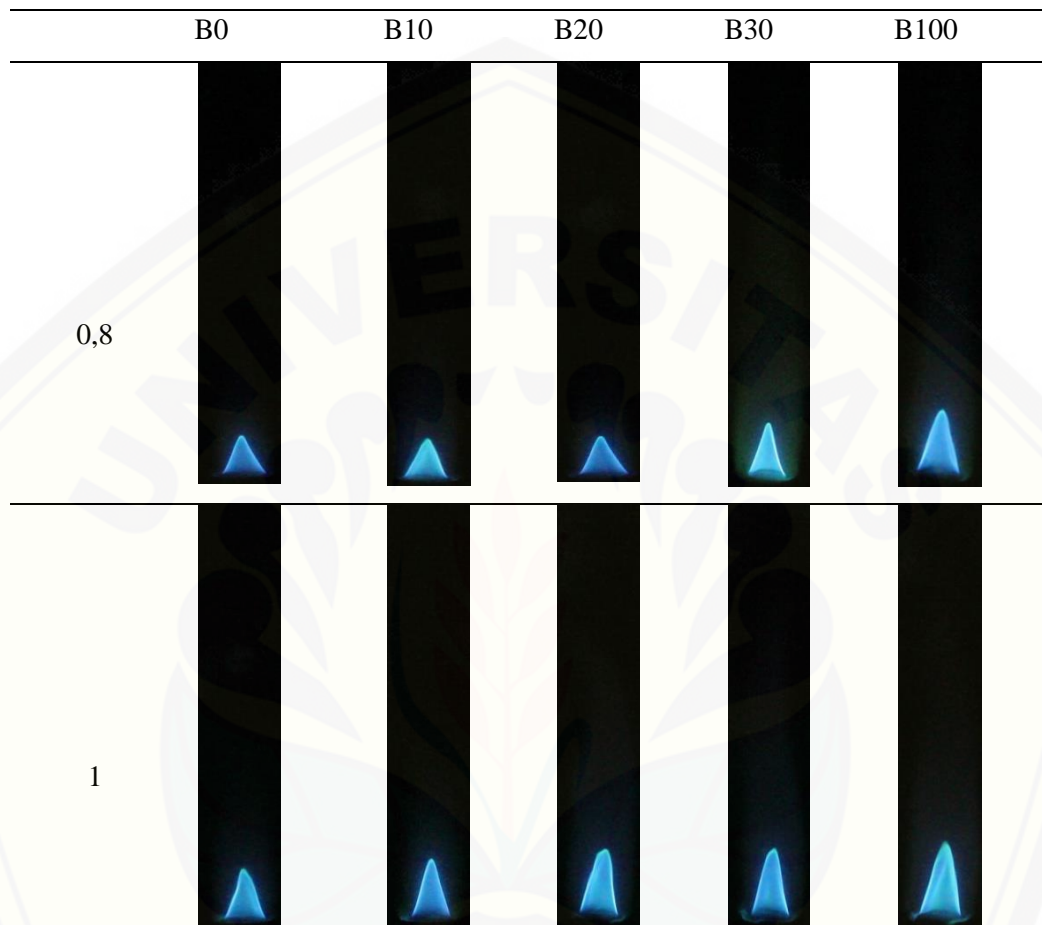
Bahan Bakar	Pengujian	Sudut ( ° )	Kec. Reaktan	Kec. Pembakaran SL ( cm/s )	Rata –rata kec. Pembakaran SL ( cm/s )
B0	1	20,72	38,62	13,66	
	2	24,38	38,62	15,94	14,86
	3	22,84	38,62	14,99	
B10	1	19,04	38,13	12,44	
	2	20,53	38,13	13,37	12,85
	3	19,53	38,13	12,75	
B20	1	19,11	38,78	12,69	
	2	18,08	38,78	12,03	12,70
	3	20,21	38,78	13,39	
B30	1	18,63	37,33	11,92	
	2	18,85	37,33	12,06	11,88
	3	18,22	37,33	11,67	
B100	1	17,73	36,12	10,99	
	2	17,55	36,12	10,89	10,74
	3	16,63	36,12	10,33	

**Tabel A.7 Kecepatan Pembakaran Bahan Bakar**

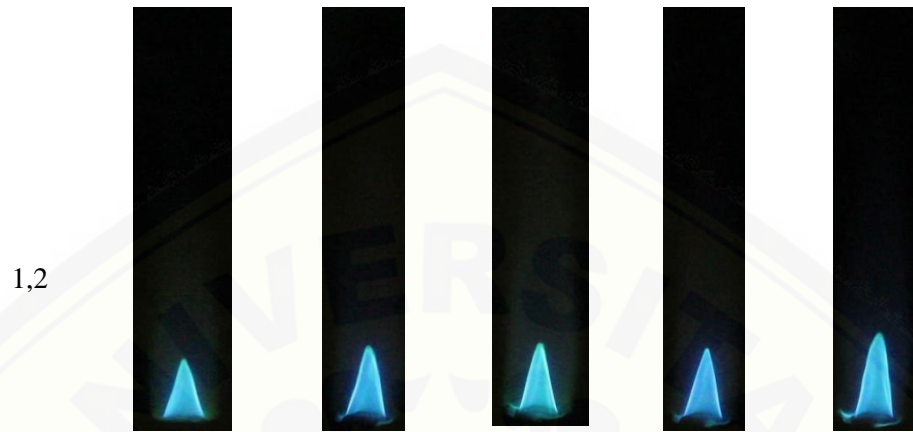
Ekuivalen Rasio	Kecepatan Bahan Bakar ( cm/s )				
	B0	B10	B20	B30	B100
0,8	29,14	27,48	25,74	23,62	18,19
1	20,15	17,03	16,29	15,69	14,23
1,2	14,86	12,85	12,70	11,88	10,74

## 2. Gambar Hasil Pengujian

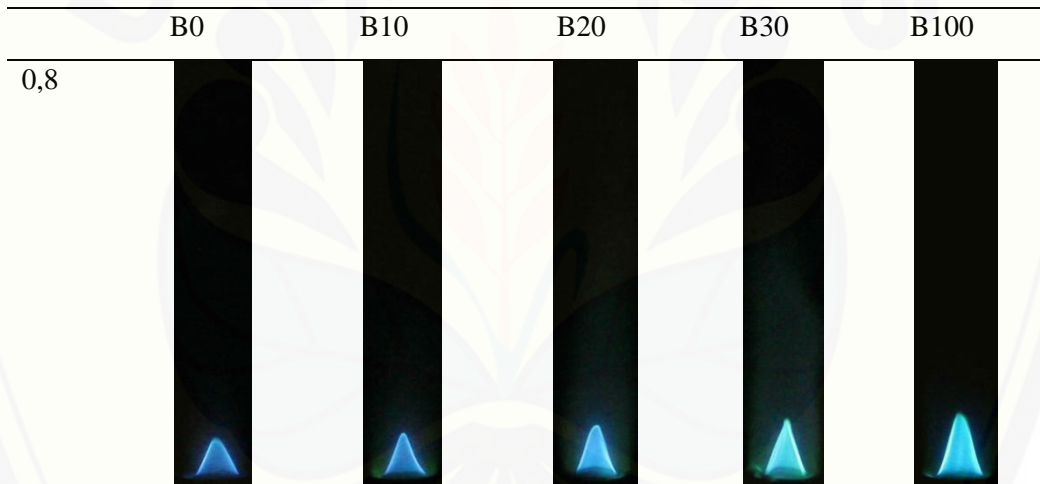
Tabel A.8 Gambar api pembakaran pengujian 1



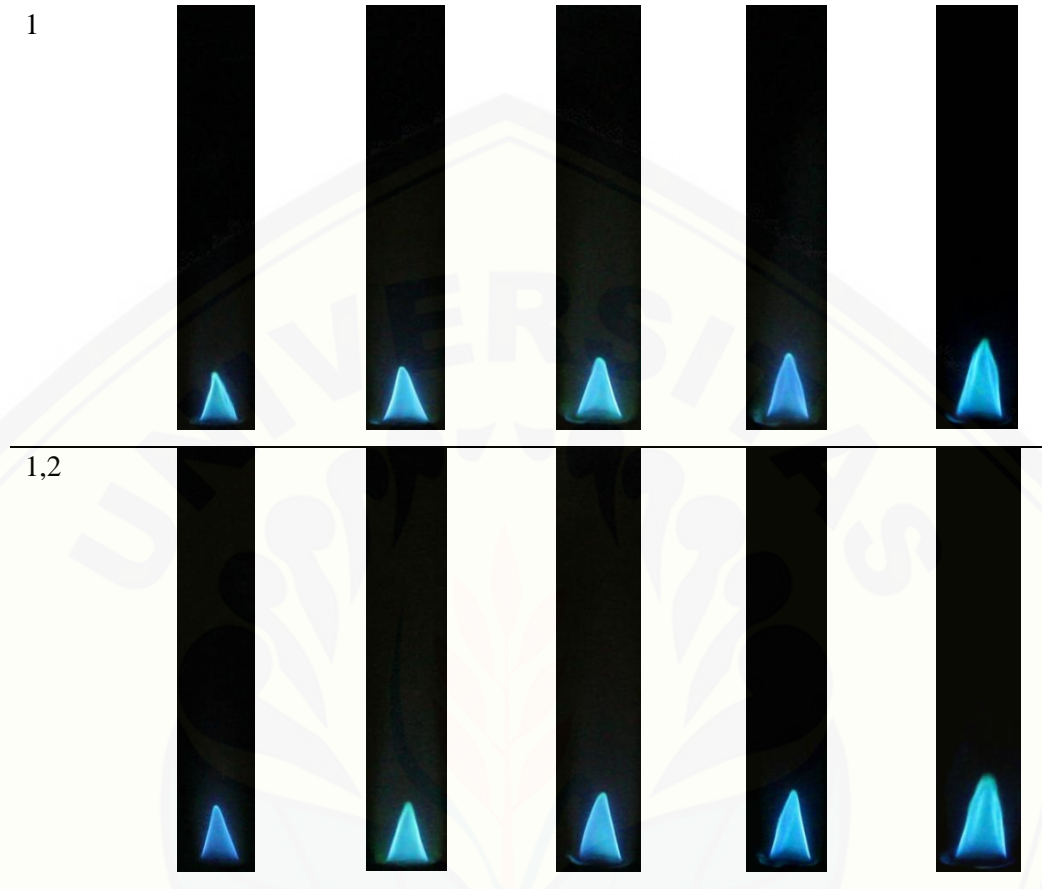
**Tabel A.8 Lannjutan**



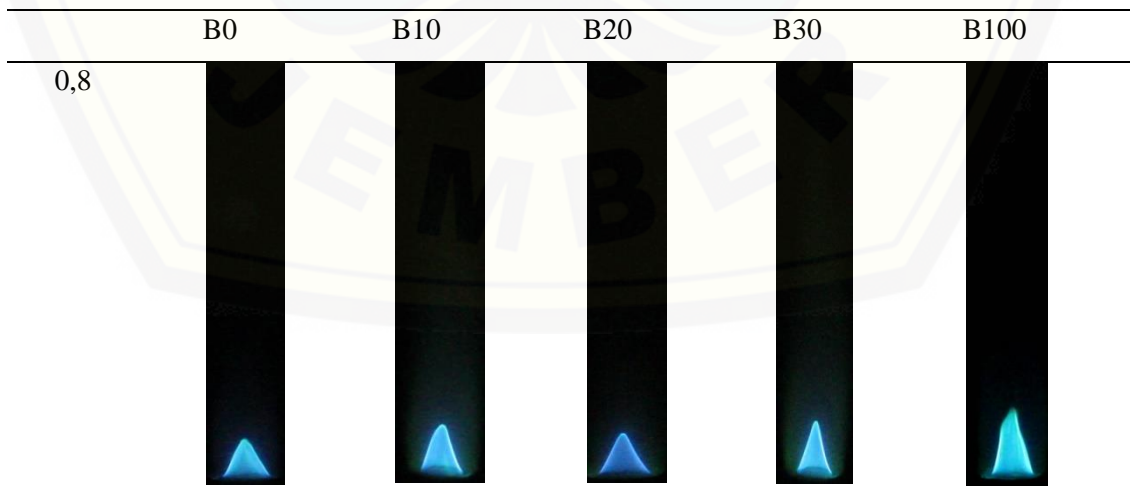
**Tabel A.9 Gambar api pembakaran pengujian 2**



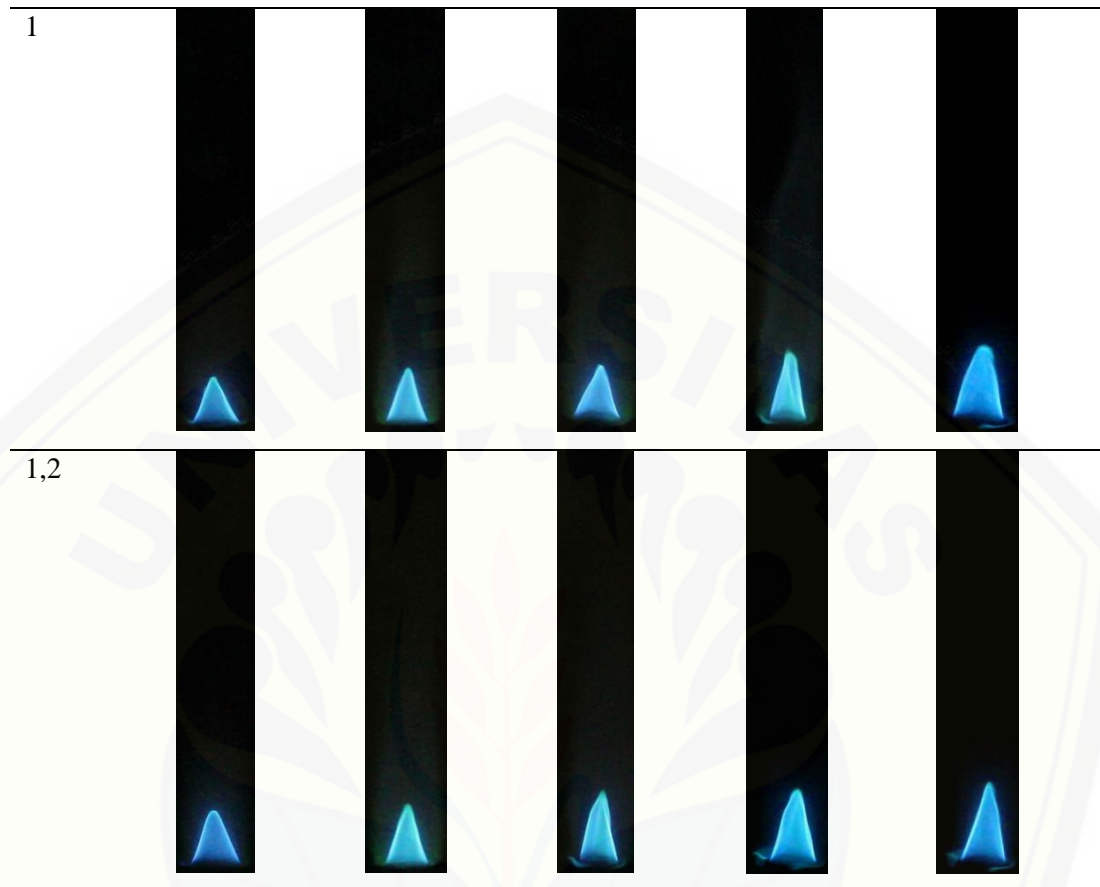
**Tabel A.9 Lanjutan**



**Tabel A.10 Gambar api pembakaran pengujian 3**



Tabel A.10 Lanjutan



## Lampiran B. Data Hasil Percobaan

### 1. Data Perhitungan AFR

Solar :  $C_{18}H_{38}$

Biodiesel Minyak Jelantah :  $C_{19}H_{36}O_2$

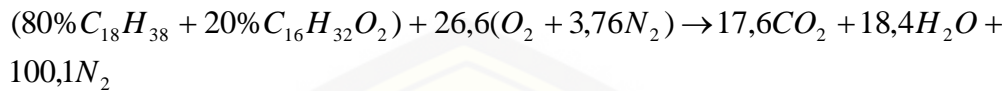
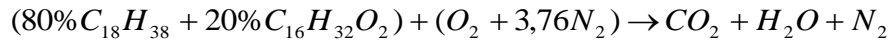
Biodiesel Sawit :  $C_{16}H_{32}O_2$

Udara :  $(O_2 + 3,76N_2)$

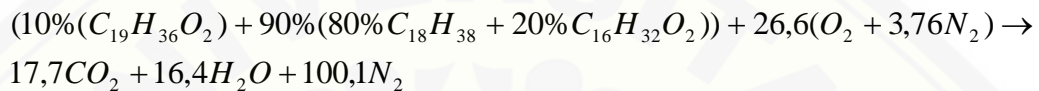
Produk Pembakaran :  $CO_2 + H_2O + N_2$

Biosolar : 80% solar + 20% biodiesel sawit

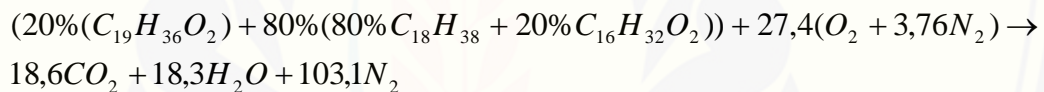
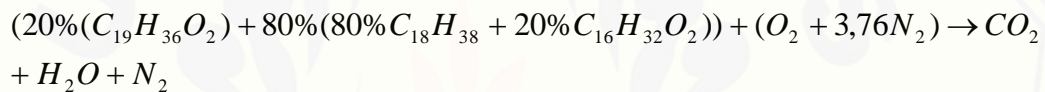
a. B0 (100% Biosolar)



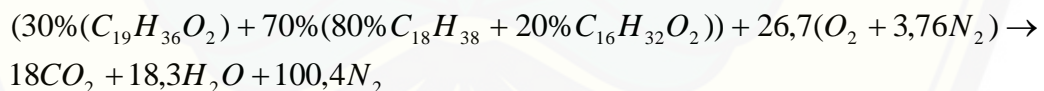
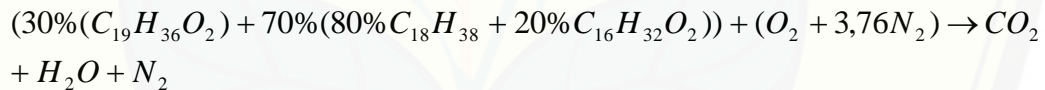
b. B10 (10% Biodiesel minyak jelantah + 90% Biosolar)



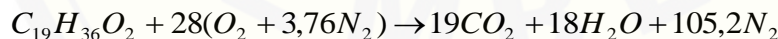
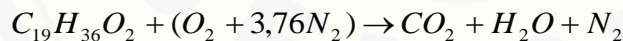
c. B20 (20% Biodiesel minyak jelantah + 80% Biosolar)



d. B30 (30% Biodiesel minyak jelantah + 70% Biosolar)



e. B100 ( Murni biodiesel minyak jelantah )



**Rasio Ekuivalen ( $\emptyset$ )**

$$\emptyset = \frac{AFR_{Stoikiomeri}}{AFR_{Aktual}}$$

$$AFR_{Aktual} = \frac{AFR_{Stoikiomeri}}{\emptyset}$$



1. B0 (AFR Stoikiometri = 26,6)  
     $\emptyset = 0,8$   
    AFR Aktual = 33,3  
     $\emptyset = 1$   
    AFR Aktual = 26,6  
     $\emptyset = 1,2$   
    AFR Aktual = 22,2
2. B10 (AFR Stoikiometri = 26,6)  
     $\emptyset = 0,8$   
    AFR Aktual = 33,3  
     $\emptyset = 1$   
    AFR Aktual = 26,6  
     $\emptyset = 1,2$   
    AFR Aktual = 22,2
3. B20 (AFR Stoikiometri = 27,4)  
     $\emptyset = 0,8$   
    AFR Aktual = 34,25  
     $\emptyset = 1$   
    AFR Aktual = 27,4  
     $\emptyset = 1,2$   
    AFR Aktual = 22,8
4. B30 (AFR Stoikiometri = 26,7)  
     $\emptyset = 0,8$   
    AFR Aktual = 33,4  
     $\emptyset = 1$   
    AFR Aktual = 26,7  
     $\emptyset = 1,2$   
    AFR Aktual = 22,3
5. B100 (AFR Stoikiometri = 28)

$$\emptyset = 0,8$$

$$\text{AFR Aktual} = 35$$

$$\emptyset = 1$$

$$\text{AFR Aktual} = 28$$

$$\emptyset = 1,2$$

$$\text{AFR Aktual} = 23,3$$

### Rasio Ekuivalen Udara dalam Debit

Debit bahan bakar konstan  $0,5 \frac{ml}{menit}$

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$= 0,5 \frac{ml}{menit}$$

$$\rho \text{ Biosolar} = 848 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho \text{ Biodiesel minyak jelantah} = 878 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho \text{ Udara} = 1,2 \frac{kg}{m^3}$$

$$V = 0,5 \text{ ml} = 0,5 \times 10^{-6} m^3$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

- Biosolar

$$848 = \frac{m}{0,5 \times 10^{-6}}$$

$$m = 0,000424 kg = 0,424 gr$$

- Biodiesel

$$878 = \frac{m}{0,5 \times 10^{-6}}$$

$$m = 0,000439 \text{ kg} = 0,439 \text{ gr}$$

Jadi massa (m) bahan biodiesel dalam 1 menit adalah 0,439 g dan biosolar 0,424 g

1. m B0 ( FullBiosolar ) = 0,424g
2. m B10 (10% Biodiesel + 90% Biosolar ) = 0,425g
3. m B20 ( 20% Biodiesel + 80% Biosolar ) = 0,427 g
4. m B30 (30% Biodiesel +70% Biosolar ) = 0,439 g
5. m B100 ( Full Biodiesel ) = 0,439 g

$$\text{Mr Biosolar } (80\%C_{18}H_{38} + 20\%C_{16}H_{32}O_2) = (80\%254 + 20\%256) = 254 \text{ gr/mol}$$

$$\text{Mr Biodiesel } (C_{19}H_{36}O_2) = 296 \text{ gr/mol}$$

2. Mr B10 ( 10% Biodiesel + 90% Biosolar ) = 258,2 gr/mol
3. Mr B20 ( 20% Biodiesel + 80% Biosolar ) = 242,4 gr/mol
4. Mr B30 (30% Biodiesel +70% Biosolar ) = 266,6 gr/mol
5. Mr B100 ( Full Biodiesel ) = 296 gr/mol

Mengetahui mol bahan bakar maka :

$$n = \frac{m}{Mr}$$

1. n B0 ( 100% Biosolar ) =  $\frac{0,424 \text{ mol}}{254 \text{ gr/mol}} = 0,00167 \text{ mol}$

$$2. \quad n \text{ B10 ( 10\% Biodiesel + 90\% Biosolar )} = \frac{0,425 \text{ mol}}{258,2 \text{ gr / mol}} = 0,00165 \text{ mol}$$

$$3. \quad n \text{ B20 ( 20\% Biodiesel + 80\% Biosolar )} = \frac{0,427 \text{ mol}}{242,4 \text{ gr / mol}} = 0,00176 \text{ mol}$$

$$4. \quad n \text{ B30 (30\% Biodiesel +70\% Biosolar )} = \frac{0,429 \text{ mol}}{266,6 \text{ gr / mol}} = 0,00161 \text{ mol}$$

$$5. \quad n \text{ B100 ( Full Biodiesel )} = \frac{0,439 \text{ mol}}{296 \text{ gr / mol}} = 0,00148 \text{ mol}$$

Setelah mendapatkan nilai mol dari masing-masing bahan bakar, maka dapat menghitung AFR dari masing-masing bahan bakar menggunakan mol yang telah diketahui

B0

$$\begin{aligned} \emptyset 0,8 &= 33,3 \text{ mol udara : 1 mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0555} \text{ mol udara : 0,00167 mol bahan bakar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset 1 &= 26,6 \text{ mol udara : 1 mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0444} \text{ mol udara : 0,00167 mol bahan bakar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset 1,2 &= 22,2 \text{ mol udara : 1 mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0370} \text{ mol udara : 0,00167 mol bahan bakar} \end{aligned}$$

B10

$$\begin{aligned} \emptyset 0,8 &= 33,3 \text{ mol udara : 1 mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0548} \text{ mol udara : 0,00165 mol bahan bakar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset 1 &= 26,6 \text{ mol udara : 1 mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0438} \text{ mol udara : 0,00165 mol bahan bakar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset 1,2 &= 22,2 \text{ mol udara : 1 mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0366} \text{ mol udara : 0,00165 mol bahan bakar} \end{aligned}$$

B20

$$\begin{aligned} \emptyset 0,8 &= 34,4 \text{ mol udara : 1 mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0603} \text{ mol udara : 0,00176 mol bahan bakar} \end{aligned}$$

$$\emptyset 1 = 27,4 \text{ mol udara : 1 mol bahan bakar}$$

$$= \mathbf{0,0483} \text{ mol udara : } 0,00176 \text{ mol bahan bakar}$$

$$\begin{aligned} \emptyset 1,2 &= 22,8 \text{ mol udara : } 1 \text{ mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0401} \text{ mol udara : } 0,00176 \text{ mol bahan bakar} \end{aligned}$$

B30

$$\begin{aligned} \emptyset 0,8 &= 33,4 \text{ mol udara : } 1 \text{ mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0536} \text{ mol udara : } 0,00161 \text{ mol bahan bakar} \\ \emptyset 1 &= 26,7 \text{ mol udara : } 1 \text{ mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0429} \text{ mol udara : } 0,00161 \text{ mol bahan bakar} \\ \emptyset 1,2 &= 22,3 \text{ mol udara : } 1 \text{ mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0358} \text{ mol udara : } 0,00161 \text{ mol bahan bakar} \end{aligned}$$

B100

$$\begin{aligned} \emptyset 0,8 &= 35 \text{ mol udara : } 1 \text{ mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0591} \text{ mol udara : } 0,00148 \text{ mol bahan bakar} \\ \emptyset 1 &= 28 \text{ mol udara : } 1 \text{ mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0415} \text{ mol udara : } 0,00148 \text{ mol bahan bakar} \\ \\ \emptyset 1,2 &= 23,3 \text{ mol udara : } 1 \text{ mol bahan bakar} \\ &= \mathbf{0,0346} \text{ mol udara : } 0,00148 \text{ mol bahan bakar} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui mol udara maka massa udara dapat diketahui.

$$\text{Mr udara} = 28,84 \text{ gram/mol}$$

$$n = \frac{m}{Mr}$$

$$m = n \cdot Mr$$

$$1. \quad m_{B0}$$

$$\begin{aligned} \emptyset 0,8 &= n \cdot Mr \\ &= 0,0555 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,601 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\emptyset 1 = n \cdot Mr$$

$$= 0,0444 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,281 \text{ gram}$$

$$\emptyset 1,2 = n \cdot Mr$$

$$= 0,0370 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,067 \text{ gram}$$

2. mB10

$$\emptyset 0,8 = n \cdot Mr$$

$$= 0,0548 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,580 \text{ gram}$$

$$\emptyset 1 = n \cdot Mr$$

$$= 0,0438 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,264 \text{ gram}$$

$$\emptyset 1,2 = n \cdot Mr$$

$$= 0,0365 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,054 \text{ gram}$$

3. mB20

$$\emptyset 0,8 = n \cdot Mr$$

$$= 0,0603 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,740 \text{ gram}$$

$$\emptyset 1 = n \cdot Mr$$

$$= 0,0483 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,392 \text{ gram}$$

$$\emptyset 1,2 = n \cdot Mr$$

$$= 0,0401 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,160 \text{ gram}$$

4. mB30

$$\emptyset 0,8 = n \cdot Mr$$

$$= 0,0536 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,547 \text{ gram}$$



$$\begin{aligned}\emptyset 1 &= n \cdot Mr \\ &= 0,0429 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,238 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset 1,2 &= n \cdot Mr \\ &= 0,0358 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,031 \text{ gram}\end{aligned}$$

5. mB100

$$\begin{aligned}\emptyset 0,8 &= n \cdot Mr \\ &= 0,0591 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,497 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset 1 &= n \cdot Mr \\ &= 0,0415 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 1,198 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset 1,2 &= n \cdot Mr \\ &= 0,0346 \text{ mol} \times 28,84 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 0,998 \text{ gram}\end{aligned}$$

Setelah mendapat massa udara per menit, maka akan mencari volume udara menjadi debit (volume/menit).

$\rho$ Udara	= 0,0012 gam/ml
$\rho$	= $\frac{m}{V}$
V	= $\frac{m}{\rho}$

Maka V udara adalah

1. Volume B0

$$\emptyset 0,8 = 1333,945 \text{ ml}$$

$$\emptyset 1 = 1067,156 \text{ ml}$$

$$\emptyset 1,2 = 889,296 \text{ ml}$$

## 2. Volume B10

$$\emptyset 0,8 = 1316,888 \text{ ml}$$

$$\emptyset 1 = 1053,511 \text{ ml}$$

$$\emptyset 1,2 = 877,926 \text{ ml}$$

## 3. Volume B20

$$\emptyset 0,8 = 1339,487 \text{ ml}$$

$$\emptyset 1 = 1071,590 \text{ ml}$$

$$\emptyset 1,2 = 892,992 \text{ ml}$$

## 4. Volume B30

$$\emptyset 0,8 = 1289,217 \text{ ml}$$

$$\emptyset 1 = 1032,373 \text{ ml}$$

$$\emptyset 1,2 = 859,478 \text{ ml}$$

## 5. Volume B100

$$\emptyset 0,8 = 1247,541 \text{ ml}$$

$$\emptyset 1 = 998,033 \text{ ml}$$

$$\emptyset 1,2 = 831,694 \text{ ml}$$

## 2. Data perhitungan kecepatan pembakaran

Menghitung kecepatan pembakaran menggunakan rumus :

$$S_L = v \cdot \sin \alpha$$

Dengan :

$$S_L = \text{Kecepatan api laminar ( cm/s )}$$

$$v = \text{Kecepatan reaktan ( cm/s )}$$

$$\alpha = \text{Sudut api yang terbentuk ( } ^\circ \text{ )}$$

Nilai kecepatan reaktan dapat diketahui

$$v = \frac{Q_{fuel} + Q_{reaktan}}{A}$$

Dengan :

$v$  = Kecepatan reaktan

$Q_{fuel}$  = Debit bahan bakar

$Q_{reaktan}$  = Debit udara

$A$  = Luas penampang *bunsen burner*

$Q_{fuel}$ semua bahan bakar	= 0,5 ml/menit
$Q_{reaktan}$ ( udara )	= sesuai AFR masing-masing
Diameter <i>bunsen burner</i>	= 7 mm
Luas permukaan <i>bunsen burner</i>	= 0,384 $cm^2$

Maka  $v$  kecepatan reaktan adalah:

1. Kecepatan reaktan B0

$$\begin{aligned}\emptyset 0,8 &= \frac{0,5ml + 1333,945ml}{0,384cm^2} \\ &= 3475,117 \text{ cm/menit} \\ &= 57,919 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset 1 &= \frac{0,5ml + 1067,156ml}{0,384cm^2} \\ &= 2780,354 \text{ cm/menit} \\ &= 46,339 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset 1,2 &= \frac{0,5ml + 889,296ml}{0,384cm^2} \\ &= 2317,177 \text{ cm/menit} \\ &= 38,619 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

## 2. Kecepatan reaktan B10

$$\emptyset 0,8 = \frac{0,5ml + 1316,888ml}{0,384cm^2}$$

$$= 3430,697 \text{ cm/menit}$$

$$= 57,178 \text{ cm/s}$$

$$\emptyset 1 = \frac{0,5ml + 1053,511ml}{0,384cm^2}$$

$$= 2744,821 \text{ cm/menit}$$

$$= 45,747 \text{ cm/s}$$

$$\emptyset 1,2 = \frac{0,5ml + 877,926ml}{0,384cm^2}$$

$$= 2287,567 \text{ cm/menit}$$

$$= 38,126 \text{ cm/s}$$

## 3. Kecepatan reaktan B20

$$\emptyset 0,8 = \frac{0,5ml + 1339,487ml}{0,384cm^2}$$

$$= 3489,549 \text{ cm/menit}$$

$$= 58,59 \text{ cm/s}$$

$$\emptyset 1 = \frac{0,5ml + 1071,590ml}{0,384cm^2}$$

$$= 2326,802 \text{ cm/menit}$$

$$= 46,531 \text{ cm/s}$$

$$\emptyset 1,2 = \frac{0,5ml + 892,992ml}{0,384cm^2}$$

$$= 2326,802 \text{ cm/menit}$$

$$= 38,78 \text{ cm/s}$$

## 4. Kecepatan reaktan B30

$$\emptyset 0,8 = \frac{0,5ml + 1289,217ml}{0,384cm^2}$$

$$= 3358,638 \text{ cm/menit}$$

$$= 55,977 \text{ cm/s}$$

$$\emptyset 1 = \frac{0,5ml + 1031,373ml}{0,384cm^2}$$

$$= 2687,169 \text{ cm/menit}$$

$$= 44,786 \text{ cm/s}$$

$$\emptyset 1,2 = \frac{0,5ml + 859,478ml}{0,384cm^2}$$

$$= 2239,526 \text{ cm/menit}$$

$$= 37,325 \text{ cm/s}$$

5. Kecepatan reaktan B100

$$\emptyset 0,8 = \frac{0,5ml + 1247,541ml}{0,384cm^2}$$

$$= 3250,107 \text{ cm/menit}$$

$$= 54,168 \text{ cm/s}$$

$$\emptyset 1 = \frac{0,5ml + 998,033ml}{0,384cm^2}$$

$$= 2600,346 \text{ cm/menit}$$

$$= 43,339 \text{ cm/s}$$

$$\emptyset 1,2 = \frac{0,5ml + 831,694ml}{0,384cm^2}$$

$$= 2167,172 \text{ cm/menit}$$

$$= 36,119 \text{ cm/s}$$

Maka kecepatan pembakaran SL:

$$SL = v \cdot \sin \alpha$$

**1. Ekuivalen rasio ( $\emptyset$ ) 0,8****B0**

$$\begin{aligned}\text{Per.1} &= 57,92 \cdot \sin 30,41 \\ &= 29,318 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.2} &= 57,92 \cdot \sin 30,18 \\ &= 29,117 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.3} &= 57,92 \cdot \sin 30,02 \\ &= 28,977 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

**B10**

$$\begin{aligned}\text{Per.1} &= 57,18 \cdot \sin 29,88 \\ &= 28,482 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.2} &= 57,18 \cdot \sin 28,52 \\ &= 27,301 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.3} &= 57,18 \cdot \sin 27,80 \\ &= 26,667 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

**B20**

$$\begin{aligned}\text{Per.1} &= 58,59 \cdot \sin 26,10 \\ &= 25,776 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.2} &= 58,59 \cdot \sin 25,77 \\ &= 25,47 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.3} &= 57,59 \cdot \sin 26,30 \\ &= 25,96 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

**B30**

$$\begin{aligned}\text{Per.1} &= 55,98 \cdot \sin 25,49 \\ &= 24,09 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.2} &= 55,98 \cdot \sin 23,72 \\ &= 22,52 \text{ cm/s}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Per.3} &= 55,98 \cdot \sin 25,68 \\ &= 24,26 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

**B100**

$$\begin{aligned}\text{Per.1} &= 54,17 \cdot \sin 21,92 \\ &= 20,22 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.2} &= 54,17 \cdot \sin 18,75 \\ &= 17,41 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.3} &= 54,17 \cdot \sin 18,75 \\ &= 16,927 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

**2. Ekuivalen rasio (Ø) 1****B0**

$$\begin{aligned}\text{Per.1} &= 46,34 \cdot \sin 25,02 \\ &= 19,59 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.2} &= 46,34 \cdot \sin 26,16 \\ &= 20,43 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.3} &= 46,34 \cdot \sin 26,90 \\ &= 20,43 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

**B10**

$$\begin{aligned}\text{Per.1} &= 45,75 \cdot \sin 21,21 \\ &= 16,55 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.2} &= 45,75 \cdot \sin 21,39 \\ &= 16,68 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Per.3} &= 45,75 \cdot \sin 22,96 \\ &= 17,84 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

**B20**

$$\begin{aligned}\text{Per.1} &= 46,53 \cdot \sin 20,56 \\ &= 16,34 \text{ cm/s}\end{aligned}$$

$$\text{Per.2} = 46,53 \cdot \sin 20,56$$

$$= 16,34 \text{ cm/s}$$

$$\text{Per.3} = 46,53 \cdot \sin 20,27$$

$$= 16,12 \text{ cm/s}$$

### **B30**

$$\text{Per.1} = 44,79 \cdot \sin 20,82$$

$$= 15,92 \text{ cm/s}$$

$$\text{Per.2} = 44,79 \cdot \sin 20,10$$

$$= 15,92 \text{ cm/s}$$

$$\text{Per.3} = 44,79 \cdot \sin 20,61$$

$$= 15,74 \text{ cm/s}$$

### **B100**

$$\text{Per.1} = 43,34 \cdot \sin 19,25$$

$$= 14,29 \text{ cm/s}$$

$$\text{Per.2} = 43,34 \cdot \sin 18,53$$

$$= 13,77 \text{ cm/s}$$

$$\text{Per.3} = 43,34 \cdot \sin 19,78$$

$$= 14,67 \text{ cm/s}$$

### **3. Ekuivalen rasio (Ø) 1,2**

#### **B0**

$$\text{Per.1} = 38,62 \cdot \sin 20,72$$

$$= 13,66 \text{ cm/s}$$

$$\text{Per.2} = 38,62 \cdot \sin 24,38$$

$$= 15,94 \text{ cm/s}$$

$$\text{Per.3} = 38,62 \cdot \sin 22,84$$

$$= 14,99 \text{ cm/s}$$

#### **B10**

$$\text{Per.1} = 38,13 \cdot \sin 19,04$$

$$= 12,44 \text{ cm/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Per.2} &= 38,13 \cdot \sin 20,53 \\ &= 13,37 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Per.3} &= 38,13 \cdot \sin 19,53 \\ &= 12,75 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

**B20**

$$\begin{aligned} \text{Per.1} &= 38,78 \cdot \sin 19,11 \\ &= 12,69 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Per.2} &= 38,78 \cdot \sin 18,08 \\ &= 12,03 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Per.3} &= 38,78 \cdot \sin 20,21 \\ &= 13,39 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

**B30**

$$\begin{aligned} \text{Per.1} &= 37,32 \cdot \sin 18,63 \\ &= 11,92 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Per.2} &= 37,32 \cdot \sin 18,85 \\ &= 12,06 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Per.3} &= 37,32 \cdot \sin 18,22 \\ &= 11,67 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

**B100**

$$\begin{aligned} \text{Per.1} &= 36,12 \cdot \sin 17,73 \\ &= 10,99 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Per.2} &= 36,12 \cdot \sin 17,55 \\ &= 10,89 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Per.3} &= 36,12 \cdot \sin 16,63 \\ &= 10,34 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

**Lampiran C Gambar dan Alat Penelitian**



(a)

(b)

(c)

Gambar C.1 (a) Minyak Jelantah, (b) Metanol dan (c) Katalis KOH



Gambar C.2 Proses Transesterifikasi



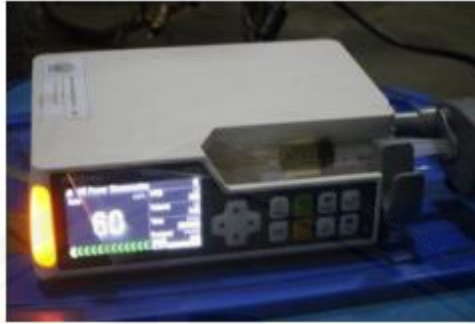
Gambar C.3 Proses Pengendapan



Gambar C.4 Biodiesel



Gambar C.5 Alat Pengujian Karakteristik Pembakaran



Gambar C.6 *Syringepump*

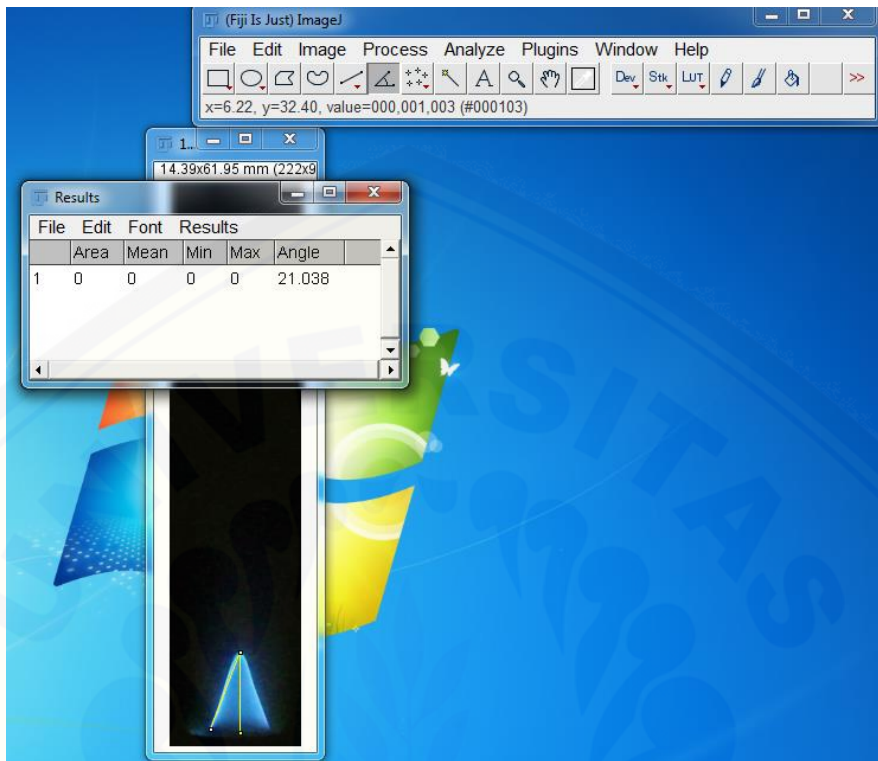


Gambar C.7 *Filter udara*



Gambar C.8 *Flow Meter*





Gambar C.9 Cara mengukur sudut nyala api




Gambar C.10 Alat pengukur Viskositas (ASTM D88)




Gambar C.11 Alat pengukur massa jenis (Aerometer)

## Lampiran D Data Hasil Pengujian Karakteristik Biodiesel



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN  
**LABORATORIUM MOTOR BAKAR**  
Jl. MayjenHaryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.1222  
Web : motorbakar.ub.ac.id Email : Laboratoriummotorbakar62@gmail.com




---

**Surat Hasil Pengujian / Analisa**

Nama Mahasiswa : Fitria Nurhayati  
 NIM : 151910101082  
 Jurusan : Teknik  
 Universitas : Jember  
 Tanggal Penerimaan : 08 Oktober 2018  
 Tanggal Pengerjaan : 08 Oktober 2018  
 Analisa / Uji : Nilai kalor, Massa jenis, Viskositas dan Flash point  
 Nama Bahan : Biodiesel Minyak Jelantah

No	Metode Uji	Nilai
1	Nilai Kalor ( kalori / gram )	9052.094
2	Massa jenis ( gr / ml ) ( 15 <sup>0</sup> C )	0.878
3	Viskositas ( cst ) ( 40 <sup>0</sup> C )	6.334
4	Flash Point ( <sup>0</sup> C )	169

Malang 08 Oktober 2018  
 Teknis Laboratorium Motor Bakar



Eko Slamet Mujiyanto  
 NIK. 200609 810228 1 001

