



**KARAKTERISTIK SPRAY BAHAN BAKAR CAMPURAN DIESEL DAN  
BIODIESEL NYAMPLUNG (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM*)  
DENGAN PERLAKUAN PANAS**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Luluk Fitri Yani  
181910101152**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

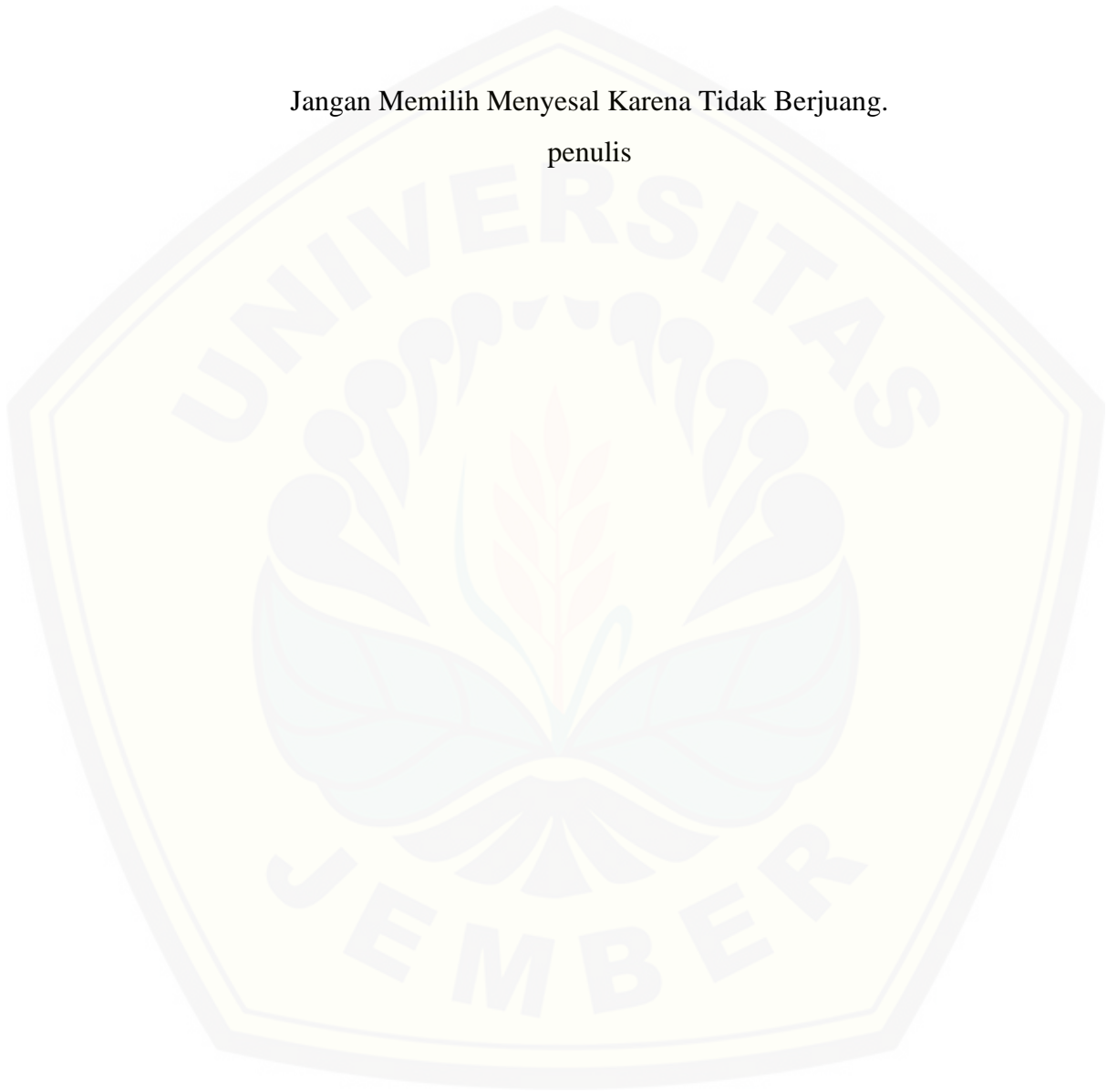
Dengan segala puji syukur kehadirat Allah SWT maka skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
2. Kedua orang tua, bapak dan ibu saya serta keluarga yang selalu mendoakan kelancaran dalam mencari ilmu, dukungan serta motivasi yang tiada henti;
3. Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember serta seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember yang telah membimbing, memberikan banyak ilmu, pelajaran dan motivasi serta menjadi tempat bersejarah untuk saya berkembang dan mengenyam pendidikan;
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan sarana dan prasarana untuk menuntut ilmu.

**MOTTO**

Dan hanya kepada Tuhanmu lah engkau berharap  
(Terjemahan Qs. Al-Insyirah 94: 4)

Jangan Memilih Menyesal Karena Tidak Berjuang.  
penulis



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Luluk Fitri Yani

NIM : 181910101152

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan skripsi dengan judul “Karakteristik Spray Bahan Bakar Campuran Diesel dan Biodiesel Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dengan Perlakuan Panas” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan penuh kesadaran tanpa ada unsur pemaksaan serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 21 Januari 2020

Yang menyatakan,

Luluk Fitri Yani  
NIM 181910101152

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK SPRAY BAHAN BAKAR CAMPURAN DIESEL DAN  
BIODIESEL NYAMPLUNG (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM*)  
DENGAN PERLAKUAN PANAS**

Oleh:

Luluk Fitri Yani

NIM 181910101152

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Danang Yudistiro S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Karakteristik Spray Bahan Bakar Campuran Diesel dan Biodiesel Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dengan Perlakuan Panas” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : 23 Januari 2020

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Dr. Nasrul Iminnafik S.T., M.T.

Danang Yudistiro S.T., M.T.

NIP 197111141999031002

NIP 197902072015041001

Penguji Utama,

Penguji Anggota

Muh. Nurkoyim Kustanto S.T., M.T

Dr. Agus Triono S.T.,M.T.

NIP 196911221997021001

NIP 197008072002121001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr. Triwahju Hardianto S.T.,M.T.

NIP 197008261997021001

## RINGKASAN

**KARAKTERISTIK SPRAY BAHAN BAKAR CAMPURAN DIESEL DAN BIODIESEL NYAMPLUNG (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM*) DENGAN PERLAKUAN PANAS**; Luluk Fitri Yani, 181910101152; 2020; 52 Halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Sebagian besar polusi udara tujuh puluh persennya disebabkan oleh kegiatan transportasi. Gas buang yang keluar dari knalpot kendaraan bermotor sekitar delapan persen gas buangnya merupakan kumpulan dari bermacam-macam gas beracun, diantaranya CO, HC, CO<sub>2</sub>, dan NO<sub>x</sub>. Gas ini terbentuk oleh pembakaran yang tidak sempurna. Untuk mengurangi emisi gas buang berbahaya terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan salah satunya dengan memanaskan bahan bakar, agar viskositas bahan bakar turun sehingga bahan bakar mudah diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Hal ini juga dimaksudkan agar bahan bakar lebih mudah bercampur dengan udara yang masuk ke dalam silinder sehingga homogenitas campuran bahan bakar dan udara akan lebih baik serta dapat menekan gas buang hasil pembakaran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mutu biodiesel nyamplung (*calophyllum inopyllum*) yang sesuai dengan Standart Nasional Indonesia (SNI) agar bisa digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak diesel di industry Indonesia serta untuk mengetahui pengaruh penambahan biodiesel nyamplung (*calophyllum inopyllum*) dan penambahan pemanas terhadap karakteristik semburan bahan bakar yang meliputi panjang penetrasi, sudut semburan, viskositas, kecepatan bahan bakar dan volume spray pada masing-masing komposisi bahan bakar B0 (100% minyak diesel), B50 (50% minyak diesel dan 50% biodiesel nyamplung) dan B100 (100% biodiesel nyamplung) dengan variasi tanpa pemanas dan menggunakan pemanas pada temperatur 50<sup>0</sup>, 70<sup>0</sup> dan 90<sup>0</sup>. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental menggunakan alat *nozzle tester*. Untuk merekam hasil semburan bahan bakar digunakan kamera dengan kecepatan tinggi yaitu 1000 fps.

Hasil penelitian ini adalah penambahan biodiesel menyebabkan viskositas bahan bakar menjadi lebih tinggi, sedangkan penambahan pemanas menyebabkan viskositas bahan bakar menjadi lebih rendah. Penambahan biodiesel menyebabkan panjang penetrasi bahan bakar menjadi lebih kecil, sedangkan penambahan biodiesel dan pemanas menjadikan panjang penetrasi bertambah. Penambahan biodiesel menyebabkan sudut semburan semakin kecil, sedangkan penambahan biodiesel dan pemanas menyebabkan sudut semburan menjadi lebih besar. Penambahan biodiesel terhadap kecepatan bahan bakar menjadi menurun, sedangkan penambahan biodiesel dan pemanas menyebabkan kecepatan bahan bakar bertambah. Penambahan biodiesel menyebabkan volume spray bahan bakar konstan atau tetap, sedangkan penambahan biodiesel dan pemanas menjadikan volume spray semakin berkurang.

## SUMMARY

**CHARACTERISTICS SPRAY FUEL OF A MIXTURE DIESEL AND BIODIESEL NYAMPLUNG (CALOPHYLLUM INOPHYLLUM) WITH HEAT TREATMENT;** Luluk Fitri Yani, 181910101152; 2020; 52 pages; Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty; Jember University.

Most of the seventy percent of air pollution is caused by transportation activities. Exhaust gas coming out of the exhaust of motor vehicles about eight percent of the exhaust gas is a collection of various toxic gases, including CO, HC, CO<sub>2</sub>, and NO<sub>x</sub>. This gas is formed by incomplete combustion. To reduce harmful exhaust emissions, there are several ways one can do it, one of which is heating the fuel, so that the viscosity of the fuel drops so that the fuel is easily injected into the combustion chamber. so that the homogeneity of the mixture of fuel and air will be better and can suppress the combustion exhaust gases.

This study aims to determine the quality of biodiesel nyamplung (*calophyllum inopyllum*) in accordance with the Indonesian National Standard (SNI) so that it can be used as a substitute for diesel fuel in the Indonesian industry and to determine the effect of adding nyamplung biodiesel (*calophyllum inopyllum*) and the addition of heaters to the characteristics of bursts fuel which includes penetration length, spray angle, viscosity, fuel velocity and spray volume in each B0 (100% diesel oil) fuel composition, B50 (50% diesel oil and 50% nyamplung biodiesel) and B100 (100% biodiesel nyamplung) with variations without heating and using heaters at temperatures of 500, 700 and 900. This study used an experimental method using a nozzle tester. To record the results of the fuel bursts used a high-speed camera that is 1000 fps.

The results of this study are the addition of biodiesel causing the fuel viscosity to be higher, while the addition of heating causes the viscosity of the fuel to be lower. The addition of biodiesel causes the length of fuel penetration to be smaller, while the addition of biodiesel and heating make panjang penetration increase. The addition of biodiesel causes the angle of explosion to be smaller, while the addition of biodiesel and heater causes the angle of explosion to be greater. The addition of biodiesel to the speed of the fuel decreases, while the addition of biodiesel and heating causes the fuel speed to increase. The addition of biodiesel causes the fuel spray volume to be constant or fixed, while the addition of biodiesel and heating makes the spray volume decrease.



## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakteristik Spray Bahan Bakar Campuran Diesel dan Biodiesel Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dengan Perlakuan Panas”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dr. Nasrul Ilminnafik S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing utama, Danang Yudistiro S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing anggota, Muh. Nurkoyim Kustanto S.T.,M.T. selaku dosen penguji utama, dan Dr. Agus Triono S.T.,M.T. selaku dosen penguji anggota.
2. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan motivasi kepada penulis.
3. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan memberi semangat kepada penulis.
4. Tim proyek pak nasrul yang telah membantu penulis dalam pengambilan data.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Jember, 21 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN .....	vii
PRAKATA .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Manfaat.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Batasan Masalah.....</b>	<b>3</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
<b>2.1 Biodiesel.....</b>	<b>4</b>
2.1.1 Karakteristik biodiesel .....	6
<b>2.2 Nyamplung (<i>Calophyllum Inophyllum</i>).....</b>	<b>8</b>
2.2.1 Minyak nyamplung .....	8
2.2.2 Proses pembuatan biodiesel .....	9
<b>2.3 Emisi Gas Buang.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Penelitian Terdahulu .....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Hipotesis .....</b>	<b>16</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Metode Penelitian .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....</b>	<b>17</b>

3.2.1 Tempat Penelitian .....	17
3.2.2 Waktu Penelitian .....	18
<b>3.3 Alat dan Bahan .....</b>	<b>18</b>
3.3.1 Pembuatan biodiesel nyamplung .....	18
3.3.2 Pengujian karakteristik bahan bakar .....	19
<b>3.4 Variabel Penelitian .....</b>	<b>21</b>
3.4.1 Variabel Bebas .....	21
3.4.2 Variabel Terikat .....	21
3.4.3 Variabel Kontrol .....	21
<b>3.5 Tahap Penelitian .....</b>	<b>21</b>
3.5.1 Tahap penyiapan biodiesel nyamplung.....	22
3.5.2 Tahap pengujian karakteristik biodiesel .....	24
3.5.3 Tahappembuatan alat uji karakteristik semburan bahan bakar.....	24
3.5.4 Tahap pengujian karakteristik semburan bahan bakar.....	25
3.5.5 Pengukuran panjang dan sudut semburan bahan bakar .....	26
3.5.6 Pengukuran viskositas bahan bakar .....	28
3.5.7 Pengukuran volume spray bahan bakar .....	31
<b>3.6 Diagram Alir Penelitian .....</b>	<b>32</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Hasil Penelitian .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Viskositas Bahan Bakar .....</b>	<b>35</b>
4.2.1 Pengaruh penambahan biodiesel terhadap viskositas .....	35
4.2.2 Pengaruh penambahan biodiesel dan pemanas terhadap Viskositas.....	36
<b>4.3 Pengambilan Data Karakteristik Semburan Bahan Bakar.....</b>	<b>37</b>
4.3.1 Panjang penetrasi semburan bahan bakar .....	37
4.3.2 Sudut semburan bahan bakar .....	38
<b>4.4 Analisa Panjang Penetrasi Semburan Bahan Bakar.....</b>	<b>40</b>
4.4.1 Pengaruh penambahan biodiesel terhadap panjang penetrasi...	40
4.4.2 Pengaruh Penambahan biodiesel dan pemanas terhadap panjang penetrasi.....	41

<b>4.5 Analisa Sudut Semburan Bahan Bakar</b> .....	42
4.5.1 Pengaruh Penambahan biodiesel terhadap sudut semburan.....	42
4.5.2 Pengaruh Penambahan biodiesel dan pemanas terhadap sudut semburan .....	44
<b>4.6 Analisa Kecepatan Bahan Bakar</b> .....	45
4.6.1 Pengaruh penambahan biodiesel terhadap kecepatan bahan Terhadap .....	45
4.6.2 Pengaruh penambahan biodiesel dan pemanas kecepatan terhadap .....	46
<b>4.7 Analisa Volume Spray</b> .....	50
4.7.1 Pengaruh penambahan biodiesel terhadap volume spray .....	50
4.7.2 Pengaruh penambahan biodiesel dan pemanas terhadap volume spray .....	50
<b>BAB 5. PENUTUP</b>	
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	52
<b>4.2 Saran</b> .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	53
<b>LAMPIRAN</b> .....	56

**DAFTAR GAMBAR**

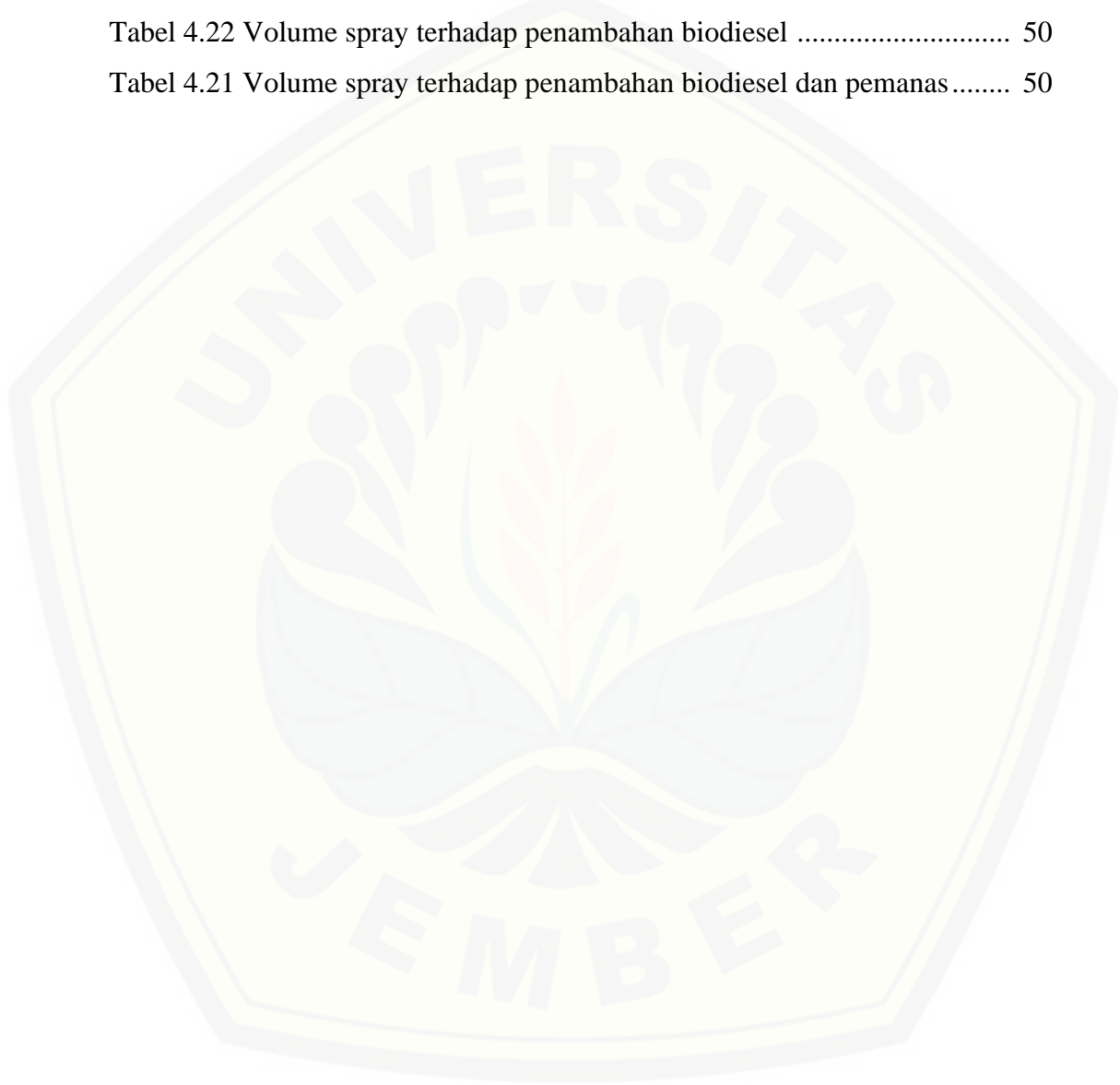
Gambar 2.1 Biji Nyamplung .....	8
Gambar 2.2 Mesin <i>press</i> dan minyak nyamplung.....	9
Gambar 2.3 Rasio perbandingan antara udara dengan bahan bakar terhadap Kadar HC,NOx, dan CO .....	11
Gambar 2.4 Grafik viskositas bahan bakar terhadap komposisi bahan bakar..	13
Gambar 2.5(a) Sudut semburan bahan bakar terhadap komposisi bahan bakar	13
Gambar 2.5(b)Penurunan diameter butiran semburan bahan bakar.....	13
Gambar 2.6 Visualisasi semprotan bahan bakar .....	14
Gambar 2.6(a) bahan bakar solar 1 bar dan 10 bar .....	14
Gambar 2.6(b) bahan bakar biodiesel 1 bar dan 10 bar .....	14
Gambar 2.7 Simulasi semprotan pada $P_{amb} = 1$ bar .....	14
Gambar 2.7(a) solar.....	14
Gambar 2.7(b) biodiesel.....	14
Gambar 2.8 Distribusi butiran droplet terhadap panjang lintasan.....	15
Gambar 2.8(a) solar.....	15
Gambar 2.8(b) biodiesel.....	15
Gambar 3.1 Sketsa alat penelitian.....	20
Gambar 3.2 Skala acuan pengukuran panjang .....	26
Gambar 3.3 <i>Setting</i> skala pada imageJ.....	26
Gambar 3.4 Tampilan menu <i>set scale</i> .....	27
Gambar 3.5 Tampilan menu <i>analyze</i> .....	27
Gambar 3.6 Tampilan menu <i>result</i> pada panjang .....	28
Gambar 3.7 Pengukuran sudut semburan bahan bakar .....	28
Gambar 3.8 Pengukuran viskositas .....	29
Gambar 3.9 Pengukuran massa jenis .....	30
Gambar 3.10 Pengukuran volume spray .....	31
Gambar 3.11 Diagram alir penelitian.....	33
Gambar 4.1 Variasi campuran bahan bakar .....	34

Gambar 4.2 Grafik viskositas bahan bakar .....	35
Gambar 4.3 Nilai viskositas pada penambahan biodiesel dan pemanas .....	36
Gambar 4.4 Visualisasi semburan bahan bakar tanpa pemanas.....	37
Gambar 4.5 Visualisasi semburan bahan bakar pada temperatur 50 .....	37
Gambar 4.6 Visualisasi semburan bahan bakar pada temperatur 70 .....	37
Gambar 4.7 Visualisasi semburan bahan bakar pada temperatur 90 .....	37
Gambar 4.8 Grafik panjang penetrasi terhadap penambahan biodiesel.....	40
Gambar 4.9 Visualisasi semburan penambahan biodiesel pada waktu 0.003s	40
Gambar 4.10 Grafik panjang penetrasi terhadap penambahan biodiesel dan Penambahan pemanas pada waktu 0.003s .....	41
Gambar 4.11 Visualisasi semburan bahan bakar pada waktu 0.003s .....	42
Gambar 4.12 Grafik sudut semburan terhadap penambahan biodiesel pada Waktu 0.003s .....	43
Gambar 4.13 Visualisasi sudut semburan terhadap penambahan biodiesel Pada 0.003s .....	43
Gambar 4.14 Grafik sudut semburan terhadap penambahan biodiesel dan Pemanas pada waktu 0.003s .....	44
Gambar 4.15 Visualisasi semburan bahan bakar pada waktu 0.003s .....	45
Gambar 4.16 Grafik kecepatan terhadap penambahan biodiesel .....	46
Gambar 4.17 Grafik kecepatan rata-rata terhadap penambahan biodiesel dan Pemanas .....	47
Gambar 4.18 Grafik kecepatan lokal tanpa pemanas.....	48
Gambar 4.19 Grafik kecepatan lokal pada B0 .....	49
Gambar 4.20 Grafik kecepatan lokal pada B50 .....	49
Gambar 4.21 Grafik kecepatan lokal pada B100 .....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tumbuhan penghasil minyak lemak .....	5
Tabel 2.2 Standar mutu biodiesel.....	7
Tabel 2.3 Komposisi minyak nyamplung .....	9
Tabel 2.4 Hasil olah data pengujian .....	16
Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian .....	18
Tabel 3.2 Hasil validasi temperatur selang dengan temperatur yang Diinginkan .....	25
Tabel 4.1 Hasil pengujian karakteristik bahan bakar .....	34
Tabel 4.2 Nilai viskositas pada penambahan biodiesel.....	35
Tabel 4.3 Nilai viskositas pada penambahan biodiesel dan pemanas .....	36
Tabel 4.4 Data pengukuran panjang semburan bahan bakar tanpa pemanas ...	38
Tabel 4.5 Data pengukuran panjang semburan bahan bakar pada temperatur 50 <sup>0</sup> C.....	38
Tabel 4.6 Data pengukuran panjang semburan bahan bakar pada temperatur 70 <sup>0</sup> C.....	38
Tabel 4.7 Data pengukuran panjang semburan bahan bakar pada temperatur 90 <sup>0</sup> C.....	38
Tabel 4.8 Data sudut semburan bahan bakar tanpa pemanas.....	39
Tabel 4.9 Data sudut semburan bahan bakar pada temperatur 50 <sup>0</sup> C.....	39
Tabel 4.10 Data sudut semburan bahan bakar pada temperatur 70 <sup>0</sup> C.....	39
Tabel 4.11 Data sudut semburan bahan bakar pada temperatur 90 <sup>0</sup> C.....	39
Tabel 4.12 Nilai panjang penetrasi terhadap penambahan biodiesel waktu 0.003s .....	40
Tabel 4.13 Nilai panjang penetrasi terhadap penambahan biodiesel dan Pemanas pada waktu 0.003 s .....	41
Tabel 4.14 Nilai sudut semburan terhadap penambahan biodiesel waktu 0.003s .....	43
Tabel 4.15 Nilai sudut semburan terhadap penambahan biodiesel dan pemanas Pada waktu 0.003s .....	44

Tabel 4.16 Nilai kecepatan bahan bakar terhadap penambahan biodiesel.....	45
Tabel 4.17 Kecepatan rata-rata terhadap penambahan biodiesel dan pemanas	46
Tabel 4.18 Kecepatan lokal tanpa pemanas .....	47
Tabel 4.19 Kecepatan lokal pada temperatur 50 <sup>0</sup> C .....	47
Tabel 4.20 Kecepatan lokal pada temperatur 70 <sup>0</sup> C.....	48
Tabel 4.21 Kecepatan lokal pada temperatur 90 <sup>0</sup> C.....	48
Tabel 4.22 Volume spray terhadap penambahan biodiesel .....	50
Tabel 4.21 Volume spray terhadap penambahan biodiesel dan pemanas.....	50





## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebagian besar polusi udara 70% disebabkan oleh kegiatan transportasi (Arifin dan Sucoko, 2009). Gas buang yang keluar dari knalpot kendaraan bermotor contohnya pada motor diesel sekitar 8% gas buangnya merupakan kumpulan dari bermacam-macam gas beracun, diantaranya CO, HC, CO<sub>2</sub>, dan NO<sub>x</sub> (Rabiam dan Arifin, 2011). Gas ini terbentuk oleh pembakaran yang tidak sempurna. Menurut Kristanto (2015) terdapat dua metode untuk mengurangi emisi gas buang berbahaya, pertama dengan memberikan perlakuan lanjut terhadap gas buang melalui perangkat pengendali emisi. Kedua, dengan meningkatkan mutu bahan bakar dan motor sehingga terjadi pembakaran lebih baik dan menghasilkan emisi yang lebih rendah.

Beberapa cara untuk meningkatkan efisiensi pembakaran diantaranya, pencampuran zat aditif pada bahan bakar yang meningkatkan angka cetana naik serta proses pembakaran lebih baik dan daya mesin meningkat (Fayyazbakhsh dan Pirouzfard, 2015), namun metode ini memiliki kekurangan karena hampir semua zat aditif kimia mengandung unsur logam yang membahayakan kesehatan. Cara lain yang dapat diterapkan yaitu dengan memanaskan bahan bakar, agar viskositas bahan bakar turun sehingga bahan bakar mudah diinjeksikan ke dalam ruang bakar (Supriyana dan Hidayat, 2015). Hal ini juga dimaksudkan agar bahan bakar lebih mudah bercampur dengan udara yang masuk ke dalam silinder sehingga homogenitas campuran bahan bakar dan udara akan lebih baik serta dapat menekan gas buang hasil pembakaran.

Banyak penelitian mengenai pemanasan bahan bakar salah satunya dilakukan oleh Govindasamy dan Dhandapani (2009) melakukan magnetisasi bahan bakar menghasilkan penurunan konsumsi bahan bakar 9-30% dan pengurangan kadar emisi gas buang HC 5-32% serta penurunan CO 5-34,3%. Penelitian lain dilakukan oleh Chaware (2015) menggunakan *electromagnet* menghasilkan penurunan

konsumsi bahan bakar hingga 12,8-30% dan penurunan emisi gas buang HC sebesar 44-58% serta CO 35-80%.

Selain pemanasan bahan bakar, penggunaan bahan bakar dari biodiesel sangat disarankan untuk menurunkan kadar emisi gas buang. Biodiesel nyamplung dipilih karena kandungan minyak biji nyamplung tergolong tinggi yaitu antara 50-73% (Dweek dan Meadows, 2002) dibandingkan dengan minyak sawit 46-54% dan minyak jarak pagar 40-60% (Gubiz, dkk. 1999). Kandungan minyak yang tinggi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel. Selain itu biji nyamplung tidak berkompetisi dengan kebutuhan untuk pangan (Bustomi, dkk. 2009).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai metode pemanasan bahan bakar yang lain, dengan menggunakan bahan bakar biodiesel nyamplung. Oleh karena itu peneliti akan melakukan penelitian terhadap karakteristik semburan bahan bakar biodiesel nyamplung dengan metode pemanasan bahan bakar menggunakan pemanas dari tembaga.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh penambahan biodiesel terhadap viskositas, panjang penetrasi, sudut semburan, kecepatan bahan bakar, dan volume spray bahan bakar.
2. Bagaimana pengaruh penambahan biodiesel nyamplung dan pemanas bahan bakar terhadap viskositas, panjang penetrasi, sudut semburan, kecepatan bahan bakar, dan volume spray bahan bakar.

## **1.3 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh penambahan biodiesel terhadap viskositas, panjang penetrasi, sudut semburan, kecepatan bahan bakar, dan volume spray bahan bakar.

2. Mengetahui pengaruh penambahan biodiesel dan pemanas bahan bakar terhadap viskositas, panjang penetrasi, sudut semburan, kecepatan bahan bakar, dan volume spray bahan bakar.

#### **1.4 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadi solusi krisis energi bahan bakar minyak fosil dengan memanfaatkan energi terbarukan dari biodiesel nyamplung.
2. Dapat mengetahui pembuatan biodiesel nyamplung.
3. Dapat mengetahui karakteristik semburan bahan bakar dari biodiesel nyamplung.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan, maka batasan masalah dari penelitian ini yaitu menggunakan campuran minyak diesel yang didapatkan di TBBM (Terminal Bahan Bakar Minyak) Pertamina Banyuwangi yang dikeluarkan pada tanggal 8 Desember 2019 dan menggunakan biodiesel yang berasal dari biji nyamplung yang diproses melalui degumming, esterifikasi, transesterifikasi, pencucian dan pengeringan, serta menggunakan *nozzle* 4 lubang.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biodiesel

*Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) adalah sebutan lain dari biodiesel. Biodiesel adalah jenis lemak solar yang berasal dari minyak nabati atau hewani berbentuk rantai panjang (metil-ester) yang diproses dengan reaksi kimia lipid atau alkohol (methanol) untuk menghasilkan ester asam lemak (Chen, et al., 2018). Reaksi kimia yang dapat dilakukan untuk membuat biodiesel tergantung dari kandungan asam lemak bebasnya (FFA). Asam lemak bebas terdapat pada beberapa tanaman, biji-bijian, maupun hewan yang berpotensi untuk dijasikan biodiesel. Terdapat sekitar 45 jenis tanaman pangan maupun non pangan yang mengandung minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel (Kuncohyo, dkk., 2013).

Biodiesel dapat diproses melalui dua reaksi kimia, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi merupakan reaksi dengan perlakuan yang hampir sama. Perbedaan dari kedua reaksi tersebut adalah terletak pada katalis yang digunakan. Katalis yang digunakan pada reaksi esterifikasi adalah katalis asam (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dll), sedangkan transesterifikasi adalah katalis basa (NaOH), KOH, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, dll). Reaksi transesterifikasi dapat langsung dilakukan apabila kandungan asam lemak bebas dari bahan <3% atau 5% dan saponifikasi akan terjadi apabila kandungan asam lemak bebas dari bahan terlalu tinggi, sehingga dapat mempengaruhi pemurnian biodiesel (Haryanto, dkk., 2015).

Indonesia memiliki berbagai macam potensi tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel. Biodiesel dapat diperoleh dari minyak lemak nabati yang terkandung dalam tanaman tertentu. Potensi tanaman yang dapat menghasilkan minyak nabati di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tumbuhan penghasil minyak lemak

No.	Nama Lokal	Sumber	Kadar %b-kr	P/NP
1.	Kelapa	Daging Buah	60-70	P
2.	Kusambi	Daging biji	55-70	NP
3.	Jarak pagar	Inti biji	40-60	NP
4.	Sawit	Sabut +daging buah	40-70+45-54	P
5.	Jarak kaliki	Biji	45-50	NP
6.	Kacang suuk	Biji	35-55	P
7.	Kapuk / randu	Biji	24-50	NP
8.	Karet	Biji	40-50	NP
9.	Kecipir	Biji	15-20	P
10.	Kelor	Biji	30-49	P
11.	Kemiri	Inti biji	57-69	NP
12.	Nimba	Daging biji	40-50	NP
13.	Saga utan	Inti biji	14-28	P
14.	Alpukat	Daging buah	40-80	P
15.	Ketiau	Inti biji	50-57	P
16.	Malapari	Biji	27-39	NP
17.	Nyamplung	Inti biji	40-73	NP
18.	Randu agung	alas/ Biji	18-26	NP
20.	Wijen	Biji	45-55	P
21.	Bidaro	Inti biji	49-61	NP
22.	Bintaro	Biji	43-64	NP
23.	Labu merah	Biji	35-38	P
24.	Mayang batu	Inti biji	45-55	NP
25.	Nagasari (gede)	Biji	35-50	NP
27.	Rambutan	Inti biji	37-43	P
28.	Sirsak	Inti biji	20-30	NP
29.	Srikaya	Biji	15-20	NP
30.	Kopi arab (okra)	Biji	16-33	NP
31.	Rosela	Biji	17	NP
32.	Kayu manis	Biji	30	P
33.	Padi	Dedak	20	P
34.	Jagung	Germ	33	P

\* P = Pangan NP = Non Pangan  
(Sumber :Kuncahyo, 2013)

Berdasarkan Tabel 2.1 terlihat bahwa nyamplung memiliki kadar %b-kr cukup tinggi yaitu 40-73 dan merupakan bahan non pangan sehingga sangat efektif untuk dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel.

### 2.1.1 Karakteristik Biodiesel

Karakteristik biodiesel diperlukan untuk mengetahui kandungan atau kualitas dari minyak biodiesel yang telah dibuat. Menurut Havendri (2008) karakteristik bahan bakar biodiesel yang perlu diketahui adalah sebagai berikut:

#### a. Berat Jenis

Berat jenis (kerapatan) merupakan perbandingan antara massa bahan bakar per satuan volume. Faktor tersebut dapat diperoleh dengan membandingkan berat minyak biodiesel dan berat air dalam volume yang sama. Massa jenis biodiesel juga dapat diukur dengan menggunakan piknometer (Haryanto, et al., 2015).

#### b. Viskositas

Dalam buku *combustion* yang ditulis oleh John Zink mengatakan viskositas adalah resistensi fluida untuk bergerak, sebagian besar fluida (gas, minyak) adalah fluida Newtonian karena rasio yang diberikan konstan dan berpengaruh terhadap waktu, temperatur dan tekanan. Semakin tinggi temperatur, semakin rendah kualitas dimensi yang disebut *Reynold Number*, Reynold Number dirumusan sebagai berikut :

$$Re = \frac{D X v}{\vartheta} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

D = diameter pipa (m)

v = kecepatan fluida (m/s)

$\vartheta$  = viskositas kinematic (m<sup>2</sup>/s)

Adapun hubungan viskositas dengan bilangan *Reynold Number* yaitu semakin tinggi nilai viskositas maka bilangan *Reynold Number* akan berkurang dan sebaliknya. Viskositas kinematik bergantung pada densitas dan memiliki satuan *stokes* (0,001 m<sup>2</sup>/s), *centistokes* (stokes/100) dalam SSU (*Second Saybolt Universal*). Viskositas dapat berpengaruh terhadap ruang bakar.

kerugian gesekan didalam pipa, kerja pompa yang berat, dan kesulitan dalam penyaringan, serta bahan bakar yang sulit dikabutkan akibat kotoran yang ikut terendap dalam ruang bakar adalah beberapa kendala yang disebabkan oleh viskositas yang besar. Apabila viskositas bahan terlalu rendah, *nozzle* pada ruang bakar akan rusak akibat bahan bakar yang dikabutkan terlalu halus dan penetrasi ke ruang bakar rendah. Viskositas dapat diukur dengan *falling ball viscometer*, *Ostwald viscometer*, dan lain-lain.

c. Nilai Kalor

Nilai kalor diperlukan untuk mengetahui besar panas yang dihasilkan oleh nyala api dalam satuan cal/g.

d. Titik Nyala

Titik nyala atau disebut *flash point* adalah suhu terendah berupa uap yang cukup dikeluarkan untuk membentuk campuran yang akan terbakar ketika mengenai pemantik atau sumber pengapian. Jika *flash point* tinggi, maka bahan bakar lebih sulit untuk menguap dan bercampur dengan udara bebas untuk membentuk campuran yang dapat terbakar. Titik nyala juga diperlukan untuk keperluan keamanan dalam penggunaan minyak terhadap bahaya kebakaran (Siswani, 2012).

Karakteristik mutu bahan bakar biodiesel berdasarkan standar pengujian SNI 7182:2015 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar mutu biodiesel

Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan	Metode Uji
Densitas/ massa jenis	Kg/m <sup>3</sup> (40 <sup>0</sup> C)	850-890	ASTM D 1298
Viskositas	cSt (40 <sup>0</sup> C)	2,3-6,0	ASTM D 445
Nilai kalor	Cal/g	-	-
Flash point	<sup>0</sup> C	Min 100	ASTM D 3588

(Sumber: SNI 7182:2015)

## 2.2 Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*)

Tanaman nyamplung adalah pohon yang termasuk kedalam *family Clusiaceae*. Tanaman ini memiliki persebaran habitat di Afrika Timur, India, Asia Tenggara, Australia dan Pasifik Selatan. Tanaman ini tumbuh di area dengan curah hujan 1000-5000 mm pertahun pada ketinggian 0-200 meter diatas permukaan laut. Tanaman nyamplung sangat potensial bila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel karena kadar minyak yang tinggi pada biji (40-73 % (w/w)), minyak yang dapat dihasilkan sebesar 4680 kg/ha serta merupakan *non edible oil* sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan (Atabani,2011). Gambar 2.1 merupakan gambar dari biji nyamplung.



Gambar 2.1 Biji nyamplung (Sumber: Dokumen Pribadi)

### 2.2.1 Minyak Nyamplung

Minyak nyamplung adalah minyak hasil ekstraksi dari biji nyamplung menggunakan mesin pres, bisa dilakukan dengan dua macam mesin pres yaitu mesin pres hidrolik manual dan mesin pres ekstruder (sistem ulir). Minyak yang keluar dari mesin pres berwarna hijau gelap karena mengandung kotoran dari kulit dan senyawa kimia seperti alkaloid, fosfatida, karotenoid, klorofil, dan lain-lain. Mesin *press* biji nyamplung dan produk minyak nyamplung dapat dilihat pada Gambar 2.2.





Gambar 2.2 Mesin *press* dan minyak nyamplung  
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Tabel 2.3 menyajikan komposisi minyak nyamplung. Pada tabel juga mencantumkan banyaknya ikatan pada carbon, contoh pada asam palmitat (C16:0), C16 menunjukkan jumlah carbon sebanyak 16, dan 0 menunjukkan jumlah ikatan rangkapnya.

Tabel 2.3 Komposisi minyak nyamplung

No.	Jenis Asam Lemak	Persentase (%)
1.	Asam Lemak Jenuh	29,41
	- Asam palmitat (C16:0)	14,31
	- Asam stearate (C18:0)	15,09
2.	Asam lemak tidak jenuh	70,32
	- Asam palmitoleat (C16:1)	0,406
	- Asam oleat (C18:1)	35,48
	- Asam linoleate (C18:2)	33,87
	- Asam linoleate (C18:3)	0,557

(Sumber : Hadi, 2009)

### 2.2.2 Proses pembuatan biodiesel

Biodiesel diproduksi melalui beberapa tahapan reaksi kimia diantaranya;

#### a. *Degumming*

*Degumming* merupakan salah satu tahapan dalam pemurnian minyak. *Degumming* dilakukan untuk memisahkan getah lender yang terdiri dari fosfolida, protein, residu, karbohidrat, air dan resin. Prinsip *degumming* dilakukan dengan cara dehidratasi gum atau kotoran lain agar bahan tersebut lebih mudah terpisah dari minyak, dilanjutkan dengan proses sentrifuse

(Ketaren, 1986). Zat yang digunakan untuk menarik gum (getah) yang disebut *degumming agen* antara lain adalah asam fosfat ( $H_3PO_4$ ). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa *degumming* tidak berpengaruh nyata terhadap hasil rendemen minyak nyamplung ( $P>0,05$ ). Rendemen merupakan salah satu parameter kuantitas yang menunjukkan nilai dari perbandingan bobot minyak setelah mengalami proses pemurnian terhadap berat minyak awal. Rendemen minyak nyamplung tertinggi 98,42% dipeoleh dari perlakuan larutan asam fosfat 20% sebanyak 0,2% (v/w) suhu pemanasan  $80^{\circ}C$  selama 15 menit. Sementara rendemen terendah 96,90 diperoleh dari minyak yang diberi perlakuan larutan asam fosfat 20% sebesar 0,6% (v/w) suhu pemanasan  $90^{\circ}C$  selama 30 menit (Hasabun, 2015)

b. Esterifikasi

Tujuannya untuk menghilangkan lemak bebas FFA (*free fatty acid*) dengan cara mengkonversi asam lemak bebas menjadi metil ester dengan katalis asam sehingga kadar FFA menjadi turun. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Turunnya kadar FFA diharapkan dapat menekan terjadinya saponifikasi. Katalis yang cocok adalah zat yang berkarakter asam kuat. Proses esterifikasi akan berjalan dengan baik pada suhu yang tidak terlalu tinggi kurang lebih  $60^{\circ}C$  (Muhammad, 2014)

c. Transesterifikasi

Proses transesterifikasi adalah dimana alkohol akan menggantikan gugus alkohol pada struktur ester minyak dengan bantuan katalis (NaOH atau KOH). Proses ini bertujuan menurunkan viskositas minyak agar mendekati nilai viskositas solar biasa, sehingga memudahkan proses atomisasi atau pengkabutan yang akan membantu proses penyempurnaan pembakaran bahan bakar diesel. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dewang (2017) mengatakan bahwa waktu efektif yang digunakan pada proses transesterifikasi selama 2 jam dan didapatkan nilai *yield* sebesar 98,2 %.

d. Pencucian

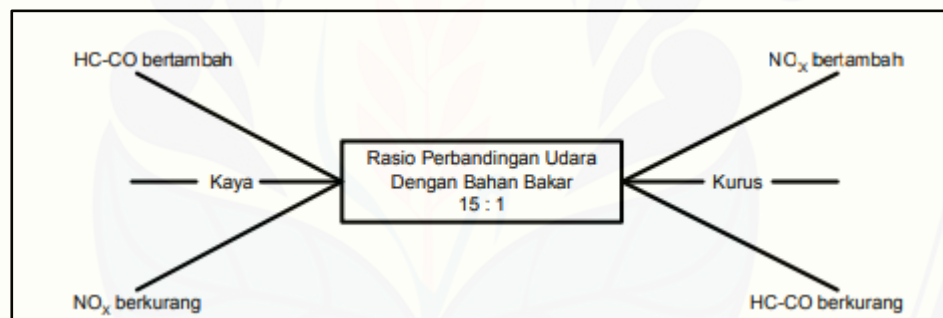
Proses pencucian bertujuan untuk menghilangkan *solvent* maupun sisa dari bahan pada tahap sebelumnya.

e. Pengeringan

Pengeringan dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air pada proses sebelumnya. Proses pengeringan dilakukan dengan cara dipanaskan sampai kadar air habis, dengan cara dipanaskan maka kandungan air akan menguap sehingga hanya tersisa metil ester.

### 2.3 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang merupakan racun hasil pembakaran motor bakar yang tidak terjadi dengan sempurna. Sebagai contoh bahan bakar bensin merupakan penghasil emisi gas buang yang berbahaya terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia. Gambar 2.3 menunjukkan rasio antara udara dengan bahan bakar terhadap emisi gas buang.



Gambar 2.3 Rasio perbandingan antara udara dengan bahan bakar terhadap kadar HC, NO<sub>x</sub>, dan CO (Sumber : Fuhaid, 2011)

Adapun komponen-komponen yang terdapat pada gas buang adalah:

1) Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon adalah emisi yang timbul karena adanya pembakaran yang terjadi dengan tidak sempurna, akan tetapi sudah keluar karena bahan bakar terbuat dari unsur hidrokarbon (HC) hamper 84% dari keseluruhan unsur-unsur yang terkandung dalam bahan bakar. gas hidrokarbon dapat menyebabkan terjadinya iritasi mata dan peradangan tenggorokan. Idealnya komposisi hidrokarbon tidak boleh melebihi 400 ppm (*part per million*).

Akan tetapi angka 400 ppm terasa rendah bila perbandingan kompresi mesin terlalu tinggi.

2) Karbon Monoksida (CO)

Gas CO termasuk gas beracun karena dapat mengurangi kadar oksigen dalam darah. Biasanya CO dihasilkan proses pembakaran yang tidak sempurna. Karena berbahaya oleh pemerintah CO dibatasi maksimal 4% sisa gas buang. Apabila jumlah udara yang masuk kedalam silinder berkurang atau campuran bahan bakar dengan udara yang masuk terlalu kaya, mengakibatkan kandungan CO pada gas buang bertambah. Sebaliknya apabila campuran terlalu miskin, maka gas buang yang dihasilkan oleh pembakaran akan menghasilkan CO yang sedikit.

3) Nitrogen Monoksida (NO<sub>x</sub>)

NO<sub>x</sub> merupakan gas yang berbahaya dan dapat mengganggu syaraf otak manusia, apabila gas NO<sub>x</sub> terlepas diudara bebas akan bereaksi dengan O<sub>2</sub> akan menyebabkan timbulnya kabut asap.

4) Oksida Nitrogen (NO<sub>2</sub>)

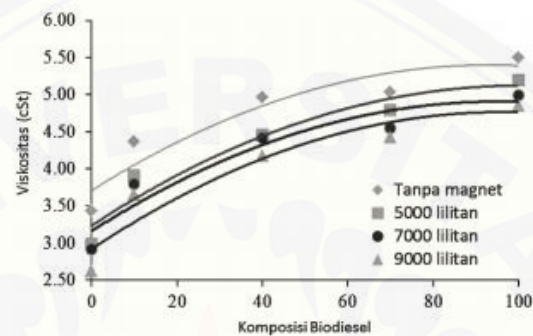
Oksida Nitrogen adalah emisi yang dihasilkan pada pembakaran yang terjadi pada temperatur tinggi. Udara bebas yang digunakan untuk pembakaran mengandung nitrogen 80%. Pada temperatur yang cukup tinggi (1370 C atau lebih) nitrogen bersama oksigen dalam campuran bahan dengan udara akan bersatu dan membentuk NO<sub>x</sub> yang berwarna coklat kotor pada gas buang. Efek lain yang mengganggu adalah timbulnya rasa pedih apabila mengenai mata serta dapat mengganggu saluran pernafasan yaitu paru-paru.

## 2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai karakteristik semburan bahan bakar diantaranya:

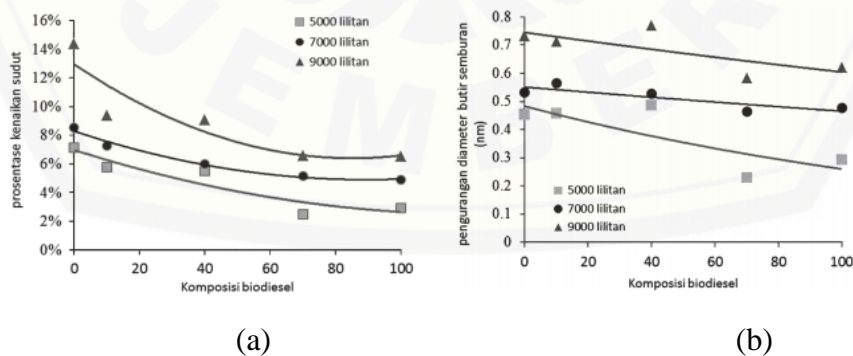
- a. Penelitian (Nufus, 2018) yang berjudul kajian efek medan *electromagnet* terhadap karakteristik semburan bahan bakar solar, biodiesel dan campuran keduanya. Bertujuan untuk menganalisis efek magnetisasi bahan bakar terhadap pola semburan bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan diberi

paparan kuat medan *electromagnet* dengan variasi jumlah lilitan kawat 5000-9000 lilitan selama 5 menit dan dilanjutkan dengan proses penyemprotan melalui alat injector tester pada tekanan 14,7 MPa. Hasil dari penelitian menyebutkan bahwa makin besar medan magnet yang diberikan pada bahan bakar menyebabkan viskositas turun pada kisaran 5-15%. Grafik viskositas terhadap bahan bakar dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Grafik viskositas bahan bakar terhadap komposisi bahan bakar (Sumber: Nufus, 2018)

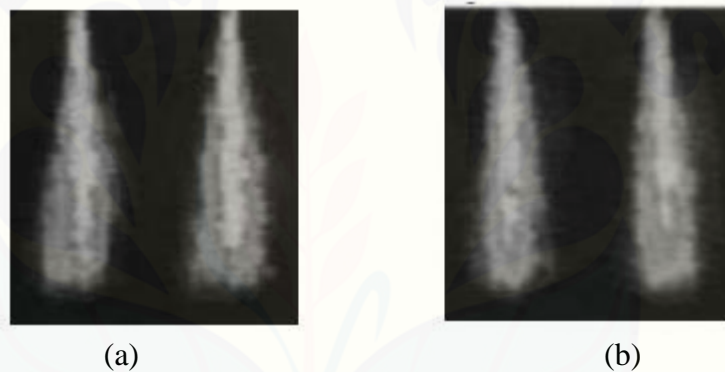
Selain menyebabkan penurunan viskositas, juga meningkatkan sudut semburan atau luas daerah semburan menjadi lebih besar sekitar 3,5-12% dan ukuran partikel semburan menjadi lebih kecil sebesar 0,2916-0,975 nm. Grafik sudut semburan bahan bakar dan diameter butiran dapat dilihat pada Gambar 2.5 (a) dan 2.5 (b).



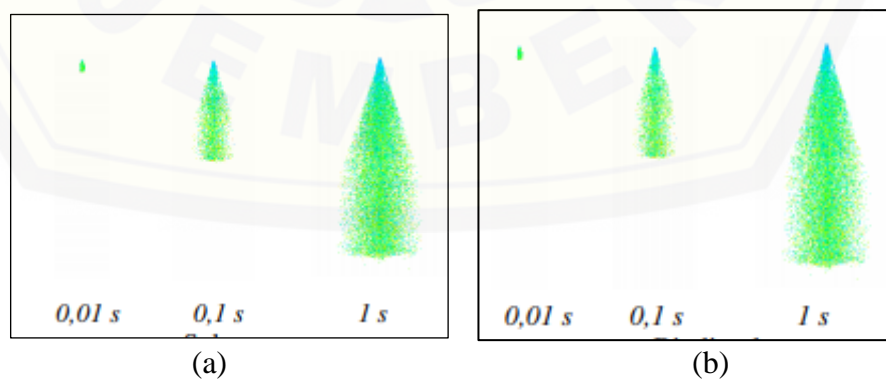
Gambar 2.5 (a) Sudut semburan bahan bakar terhadap komposisi bahan bakar  
(b) Penurunan diameter butiran semburan bahan bakar  
(Sumber: Nufus, 2018)

Berdasarkan pembahasan di atas, pemberian medan magnet pada bahan bakar dapat menyebabkan proses pembakaran menjadi lebih efisien. Berdasarkan konsep pembakaran sudut semburan yang lebih besar dan butiran droplet bahan bakar yang semakin halus, menghasilkan kualitas pembakaran dan produk pembakaran yang lebih baik.

- b. Penelitian (Sudarmanta, 2015) mengenai transesterifikasi *crude oil* dan uji karakteristik semprotan menggunakan injeksi motor diesel pada penelitian ini menggunakan bahan bakar biodiesel *palm oil* dari hasil proses transesterifikasi kemudian dilakukan pengujian properties bahan bakar dan uji karakteristik semprotan secara simulasi dan pengamatan visual. Seperti pada Gambar 2.6 dan 2.7.

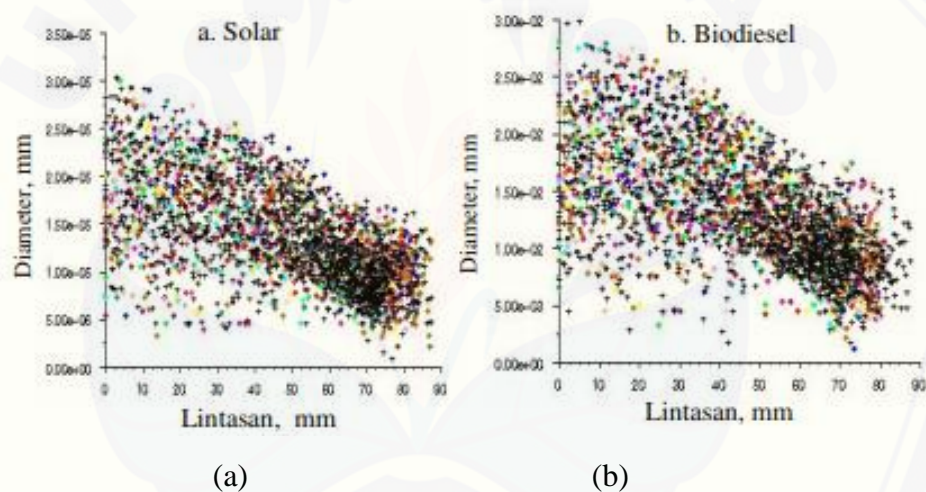


Gambar 2.6 Visualisasi semprotan bahan bakar (a) bahan bakar solar 1 bar dan 10 bar (b) bahan bakar biodiesel 1 bar dan 10 bar (Sumber : Sudarmanta, 2015)



Gambar 2.7 Simulasi semprotan pada  $P_{amb} = 1$  bar (a) solar (b) biodiesel (sumber : Sudarmanta, 2015)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa properties biodiesel hasil transesterifikasi, dalam hal ini viskositas, densitas, dan tegangan permukaan masih sedikit lebih tinggi daripada properties bahan bakar solar. Uji karakteristik semprotan secara eksperimental maupun simulasi computer menunjukkan bahwa viskositas yang lebih tinggi menghasilkan karakteristik atomisasi yang kurang baik yaitu berupa evaporasi yang lebih miskin. Sedangkan densitas dan tegangan permukaan yang lebih tinggi menghasilkan bentuk, penetrasi dan droplet fase cair sedikit lebih banyak sehingga distribusi fase gas menjadi lebih sempit. Gambar 2.8 menunjukkan distribusi diameter butiran droplet.



Gambar 2.8 Distribusi butiran droplet terhadap panjang lintasan  
(a) solar (b) biodiesel (sumber : Sudarmanta, 2015)

- c. Penelitian (Pinto, 2015) yang berjudul uji karakteristik penyemprotan bahan bakar biodiesel pada *nozzel* mesin diesel dengan sistem injeksi langsung. Penelitian menggunakan biodiesel biji nyamplung dan solar dengan variasi 5%, 15%, 20%, 100% biodiesel dan 100% minyak diesel, yang dilakukan pengujian pada ruangan bertekanan sebesar 150 bar (15Mpa). Dari pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa peningkatan pencampuran bahan bakar biodiesel akan menghasilkan sudut semprotan yang lebih besar tetapi panjang tip penetrasi semprotan semakin kecil, dan kecepatan terbentuknya semprotan

cenderung melambat seiring dengan bertambahnya persentase biodiesel. Hasil olah data pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Hasil olah data pengujian

No.	Nama Minyak	Sudut rata2, $\Theta$ (deg)	Panjang semprotan, L ( $10^{-3}$ m)	Waktu semprotan t ( $10^{-3}$ s)	Kecepatan semprotan, v (m/s)
1	B0	19	>200	3.7	54.1
2	B5	19	>200	3.9	51.2
3	B10	19	>200	6.8	35.6
4	B15	18	>200	7.9	25.9
5	B20	15	>200	9.4	21.2
6	B100	21	>200	12.2	16.4

(Sumber: Pianto, 2015)

- d. Penelitian (Ghurri, 2012) dengan judul karakteristik semprotan bahan bakar biodiesel pada sistem injeksi *common rail*. Penelitian menggunakan bahan bakar biodiesel murni dan campuran diesel dan biodiesel 65% (BD65%) dengan menggunakan tekanan injeksi 30, 60, dan 90 MPa. Menyimpulkan bahwa viskositas dan densitas biodiesel yang lebih tinggi menghasilkan panjang penetrasi semprotan yang lebih besar, dan sudut semprotan yang lebih kecil dibandingkan dengan bahan bakar diesel. Viskositas atau densitas besar menjadikan bahan bakar memiliki ukuran droplet yang lebih besar sehingga memiliki momentum yang besar untuk menembus hambatan dari lingkungan tanpa bahan bakar diinjeksikan.

## 2.5 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat diambil hipotesis bahwa dengan memberikan pemanasan pada bahan bakar akan menyebabkan viskositas bahan bakar menjadi menurun sehingga sudut semburan menjadi lebih besar dan butiran bahan bakar menjadi lebih halus, memungkinkan bahan bakar bereaksi dengan oksigen menjadi lebih besar dan pembakaran menjadi lebih baik.



## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Metode ini digunakan untuk menguji karakteristik semburan bahan bakar B0 (minyak diesel 100%), B50 (minyak diesel 50% dan biodiesel 50%), B100 (biodiesel 100%) dengan variasi pemanasan dan tanpa pemanasan. Minyak diesel yang akan digunakan pada penelitian ini berasal dari TBBM (Teminal Bahan Bakar Minyak) Pertamina Banyuwangi, sedangkan biodiesel pada penelitian ini adalah biodiesel yang berasal dari biji nyamplung.

Bahan bakar campuran minyak diesel dan biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel yang akan diuji karakteristik semburannya. Pengujian karakteristik semburan bahan bakar dilakukan dengan menggunakan *nozzle tester* yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik semburan bahan bakar yang meliputi panjang penetrasi dan sudut semburan yang dibentuk pada masing-masing komposisi dengan perbedaan temperatur pemanasan, sehingga diperoleh perbedaan karakteristik pembakaran dari setiap komposisi.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

#### 3.2.1 Tempat Penelitian

##### a. Pembuatan Biodiesel dan Pengambilan Data

Proses pembuatan biodiesel nyamplung dan pengambilan data karakteristik semburan bahan bakar dilakukan di Laboratorium Konversi Energi 1 Universitas Jember, Jalan Slamet Riyadi No. 36 Patrang Jember.

##### b. Pengujian Karakteristik Kandungan Biodiesel

Pengujian karakteristik kandungan biodiesel dilakukan di Laboratorium TBBM (Teminal Bahan Bakar Minyak) Pertamina Banyuwangi dan di Fakultas Teknik Kimia ITS, di Laboratorium Teknologi Air dan Konsultasi Industri.

### 3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama lima bulan dari bulan September 2019 hingga Januari 2020. Adapun rincian kegiatan penelitian ini seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian

Kegiatan	Bulan ke 1				Bulan ke 2				Bulan ke 3				Bulan ke 4				Bulan ke 5				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Bimbingan dosen	■	■	■	■				■		■	■			■	■	■	■				
Studi literatur	■	■	■	■																	
Pembuatan alat					■	■															
Pembuatan biodiesel								■													
Pengujian alat								■													
Pengambilan data awal									■												
Pembuatatan laporan										■	■			■	■	■					
Seminar proposal													■								
Pengambilan data														■	■	■	■				
Seminar hasil																		■			
Ujian akhir																				■	

Keterangan:

■ : Kegiatan pelaksanaan

## 3.3 Alat dan Bahan

### 3.3.1 Pembuatan Biodiesel Nyamplung

#### a. Alat

- 1) Mesin *Press*
- 2) Oven
- 3) Loyang
- 9) *Separatory funnel*
- 10) *Glass beaker*
- 11) *Water heater*

- 4) *Cutter*
- 5) Gelas Ukur
- 6) Erlenmeyer
- 7) Neraca digital
- 8) Timer
- 12) Thermostat
- 13) Thermometer air raksa
- 14) *Magnetic stirrer*
- 15) Statip
- 16) Pipet

b. Bahan

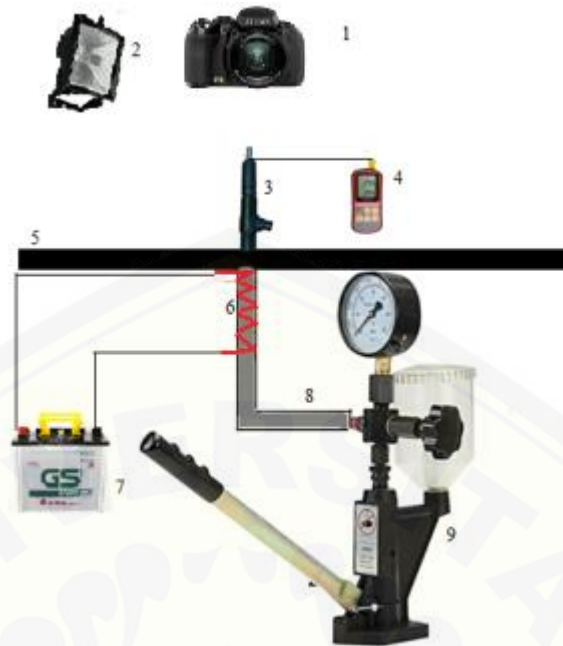
- 1) Biji nyamplung
- 2) Air
- 3)  $H_3PO_4$  (asam fosfat)
- 4)  $CH_3OH$  (methanol)
- 5)  $H_2SO_4$  (asam sulfat)
- 6) KOH (kalium hidroksida)

3.3.2 Pengujian Karakteristik Bahan Bakar

a. Alat

- 1) *Nozzle Tester*
- 2) *Nozzle multi hole* ( 4 lubang)
- 3) *High Speed Camera*
- 4) *Tripod*
- 5) Layar (warna hitam)
- 6) Lampu Halogen
- 7) Kawat Tembaga
- 8) *Thermocouple*
- 9) Aki

Gambaran alat yang akan digunakan seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Sketsa alat penelitian

Keterangan :

1. Kamera *high speed* (Fuji Film HS 10)
  2. Lampu Halogen
  3. *Nozzle*
  4. *Thermocouple*
  5. Layar
  6. Pemanas
  7. Aki
  8. Pipa *Nozzle Tester*
  9. *Nozzle Tester*
- b. Bahan
- 1) B0 (Minyak diesel)
  - 2) B50 (50% minyak diesel, 50% Biodiesel)
  - 3) B100 (Biodiesel)

### 3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sesuatu yang dapat ditetapkan ataupun diubah oleh peneliti untuk diketahui dan dipelajari sehingga dapat diperoleh informasi dan pengaruhnya bagi penelitian baik secara teoritis dan aktual. Beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas, terikat, dan kontrol. Berikut penjelasan dari masing-masing variabel penelitian.

#### 3.4.1 Variabel Bebas

Variable bebas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bahan bakar yang digunakan berupa campuran minyak diesel dan biodiesel dengan komposisi B0, B50, dan B100.
- b. Menggunakan pemanas tembaga dengan variasi temperatur 50<sup>0</sup>C, 70<sup>0</sup>C, 90<sup>0</sup>C dan tanpa pemanas.

#### 3.4.2 Variabel Terikat

Variable terikat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah analisa data hasil semprotan bahan bakar yang meliputi :

- a. Panjang penetrasi semburan bahan bakar
- b. Sudut semburan bahan bakar
- c. Viskositas
- d. Kecepatan
- e. Volume spray

#### 3.4.3 Variabel Kontrol

Variable kontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah tekanan *nozzel tester* sebesar 30 Mpa.

### 3.5 Tahap Penelitian

Proses penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh campuran minyak diesel dengan biodiesel nyamplung terhadap karakteristik semburan bahan bakar.

Data karakteristik semburan bahan bakar dapat diperoleh dengan melakukan beberapa tahapan sebagai berikut.

### 3.5.1 Tahap Penyiapan Biodiesel Nyamplung

Biodiesel nyamplung diperoleh dengan mengumpulkan buah nyamplung yang diperoleh dari Bondowoso dan Lumajang, selanjutnya proses pemisahan kulit dan biji nyamplung. Biji nyamplung kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu  $\pm 70^{\circ}$  C selama 1 jam. Setelah dilakukan proses pengeringan dengan tujuan menghilangkan kadar air, maka tahap selanjutnya adalah proses pengepresan biji nyamplung menggunakan mesin *press* untuk mendapatkan minyak nyamplung. Tahap selanjutnya adalah pembuatan biodiesel nyamplung melalui proses kimia yang meliputi proses :

#### a. *Degumming*

Pada pembuatan biodiesel nyamplung proses *degumming* dilakukan dengan penambahan katalis asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) sebanyak 0,5 % v/v, dan dilakukan proses pengadukan dengan putaran konstan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit, kemudian didiamkan selama 12 jam. Setelah didiamkan pada *separator funnel* akan menjadi dua lapisan, lapisan bawah adalah *gum* atau getah, sedangkan lapisan atas adalah gliserol, gliserol inilah yang akan digunakan pada tahap selanjutnya. Untuk perhitungan banyaknya katalis asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) yang digunakan terdapat pada Lampiran 1.

#### b. Esterifikasi

Minyak gliserol yang didapat pada proses *degumming* selanjutnya dilakukan proses esterifikasi menggunakan katalis asam fosfat ( $H_2SO_4$ ) sebanyak 2% v/v dan menggunakan methanol ( $CH_3OH$ ) dengan perbandingan 22 : 1 mol. Esterifikasi dilakukan dengan cara dipanaskan pada suhu  $55^{\circ}$ -  $60^{\circ}$  C dan dilakukan pengadukan dengan kecepatan konstan menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam kemudian didiamkan selama 12 jam di *separator funnel*. Kemudian akan membentuk dua lapisan, lapisan atas berupa methanol dan lapisan bawah berupa minyak metil ester. Proses esterifikasi dilakukan dua kali agar kadar FFA (*free fatty acid*) kurang dari 2%. Metil ester ini selanjutnya

diproses pada tahap transesterifikasi. Proses perhitungan perbandingan banyaknya methanol dan minyak yang digunakan terdapat pada Lampiran 1.

c. Transesterifikasi

Proses transesterifikasi menggunakan katalis KOH sebanyak 1% dari berat minyak dan menggunakan methanol dengan perbandingan 6:1 mol. Proses transesterifikasi dilakukan dengan cara dipanaskan pada suhu 55<sup>0</sup>- 60<sup>0</sup> C dan dilakukan pengadukan dengan kecepatan konstan menggunakan *magnetic stirrer* selama 3 jam. Selanjutnya didiamkan selama 12 Jam di *separator funnel*, setelah didiamkan akan membentuk dua lapisan lapisan bawah methanol dan lapisan atas biodiesel. Proses perhitungan perbandingan banyaknya methanol dan trigliserida yang digunakan terdapat pada Lampiran 1.

d. Pencucian

Biodiesel yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan proses pencucian dengan cara mencampurkan air suhu 80<sup>0</sup>- 90<sup>0</sup> C dengan perbandingan 50:50 pada biodiesel dan dilakukan pengadukan perlahan agar katalis KOH pada proses transesterifikasi larut dalam air. Proses pencucian dilakukan berulang sampai air berubah menjadi bening, untuk pencucian pertama proses pengadukan dilakukan secara perlahan agar tidak terjadi saponasi atau penyabunan. Kemudian didiamkan selama 12 jam pada pencucian pertama dan selanjutnya dilakukan proses pencucian kembali hingga air yang digunakan untuk menghilangkan KOH dapat berubah kembali menjadi bening proses perubahan air untuk melarutkan KOH dapat dilihat pada Lampiran 2. Selanjutnya lakukan proses pemisahan antara air dan biodiesel.

e. Pengeringan

Biodiesel yang diperoleh dari proses pencucian selanjutnya dilakukan proses pengeringan untuk memastikan agar tidak ada air yang ikut pada biodiesel dengan cara dipanaskan pada panci menggunakan api kecil, proses ini berlangsung sampai tidak ada gelembung yang mendidih di panci.

Setelah biodiesel didapatkan proses selanjutnya adalah pencampuran biodiesel dan minyak diesel dengan cara sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan minyak diesel sebanyak 25 ml dan biodiesel 25 ml.
- 2) Mencampurkan minyak diesel dan biodiesel pada erlenmeyer.
- 3) Melakukan pengadukan selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan konstan.

### 3.5.2 Tahap Pengujian Karakteristik Biodiesel

Karakteristik biodiesel yang diuji berupa viskositas, densitas, *flash point* atau titik nyala api, dan nilai kalor. Dari pengujian tersebut dapat diketahui bahwa biodiesel telah memenuhi standar sebagaimana tercantum dalam SNI 7182:2015 atau tidak memenuhi standar.

### 3.5.3 Tahap Pembuatan Alat Uji Karakteristik Semburan Bahan Bakar

Berikut langkah-langkah pembuatan alat penelitian.

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
- b. Melilitkan kawat tembaga dengan diameter 0.4 mm sebagai pemanas pada selang pipa saluran bahan bakar dengan panjang 7 meter.
- c. Pada lilitan tembaga dilapisi dengan lem isolator untuk menghindari terjadinya konsleting pada saat dialirkan arus.
- d. Menghubungkan ujung tembaga pada sumber aki positif dan pada ujung tembaga yang lain dihubungkan pada sumber aki negatif.
- e. Memasang *thermocouple* pada ujung selang yang dekat dengan *nozzle*.

Untuk mengetahui temperatur bahan bakar yang keluar dari *nozzle* maka dilakukan pengukuran temperatur pada selang yang telah dililitkan tembaga dan juga mengukur temperatur pada bahan bakar yang keluar dari *nozzle*. Tabel 3.2 merupakan hasil pengecekan temperatur komposisi bahan bakar.



Tabel 3.2 Hasil validasi temperatur selang dengan temperatur yang diinginkan

B0		B50		B100	
Temperatur yang diinginkan	Temperatur selang	Temperatur yang diinginkan	Temperatur selang	Temperatur yang diinginkan	Temperatur selang
50 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C	50 <sup>0</sup> C	70 <sup>0</sup> C	50 <sup>0</sup> C	73 <sup>0</sup> C
70 <sup>0</sup> C	85 <sup>0</sup> C	70 <sup>0</sup> C	120 <sup>0</sup> C	70 <sup>0</sup> C	93 <sup>0</sup> C
90 <sup>0</sup> C	110 <sup>0</sup> C	90 <sup>0</sup> C	140 <sup>0</sup> C	90 <sup>0</sup> C	146 <sup>0</sup> C

#### 3.5.4 Tahap Pengujian Karakteristik Semburan Bahan Bakar

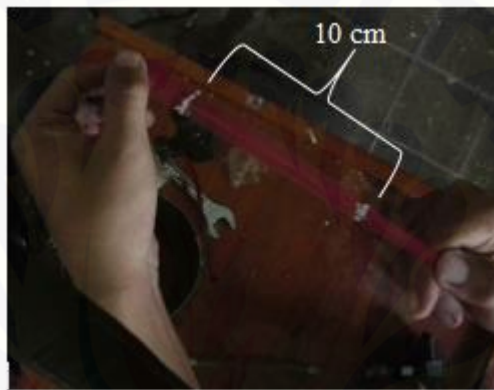
Tahap pengujian yang perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai dan analisa karakteristik semburan adalah sebagai berikut.

- Melakukan *setting* kamera, pengaturan yang akan digunakan dalam penelitian yaitu *shutter speed* 125, ISO 400, F 3,2 dan *HS movie speed* 1000fps.
- Memasang *background* atau layar, diletakkan di bawah injector dengan panjang layar 2x2 meter.
- Memasang lampu, lampu diletakkan sejajar dengan *background* atau layar, dan difokuskan pada lubang *nozzle*.
- Memasukkan bahan bakar ke tangki *nozzle tester*.
- Menyalakan pemanas pada selang saluran bahan bakar sesuai dengan temperatur yang telah ditentukan.
- Memompa bahan bakar menggunakan tuas, agar bahan bakar dapat mengalir ke *nozzle*, dengan tekanan *nozzle tester* 30 Mpa.
- Merekam semprotan bahan bakar menggunakan kamera yang telah *disetting*.
- Hasil video kemudian diolah menggunakan aplikasi *adobe premiere pro* dengan cara memotong bagian video yang hanya terdapat semprotan bahan bakar saja.
- Hasil potongan gambar kemudian diolah kembali menggunakan aplikasi *imageJ* untuk mengukur panjang penetrasi dan sudut semburan.
- Menganalisa gambar visual yang didapat.
- Mengulangi langkah pada *point e* sampai k pada bahan bakar yang berbeda.

### 3.5.5 Pengukuran Panjang Dan Sudut Semburan Bahan Bakar

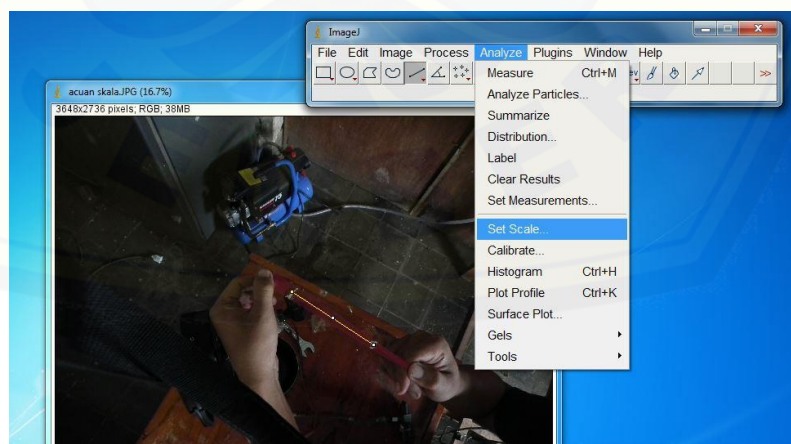
Pengukuran panjang penetrasi dan sudut semburan bahan bakar menggunakan aplikasi imageJ. Untuk pengukuran panjang memerlukan skala sebagai acuan terhadap panjang yang sebenarnya. Langkah-langkah pengukuran panjang penetrasi bahan bakar sebagai berikut:

- Membuka aplikasi imageJ
- Untuk yang pertama setting skala pada aplikasi imageJ dengan cara klik file pilih open, pilih gambar skala acuan yang sudah ditentukan. Penentuan skala acuan diletakkan di atas *nozzle* seperti pada Gambar 3.2.



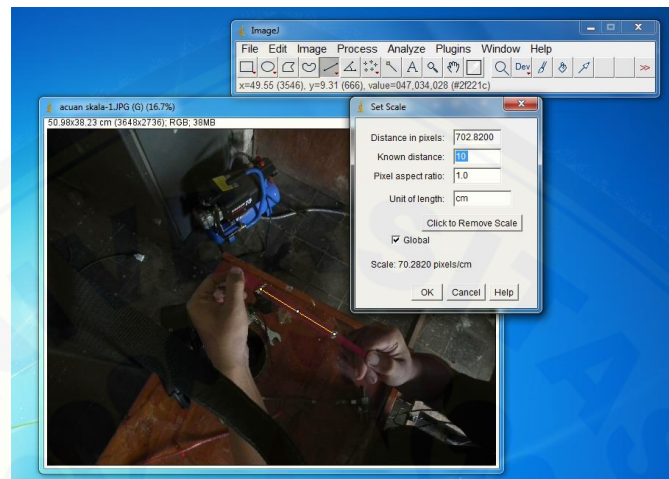
Gambar 3.2 Skala acuan pengukuran panjang

selanjutnya klik *straight*, ukur panjang skala yang telah ditentukan, pilih menu *analyze* dan klik *set scale* seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Setting skala pada imageJ

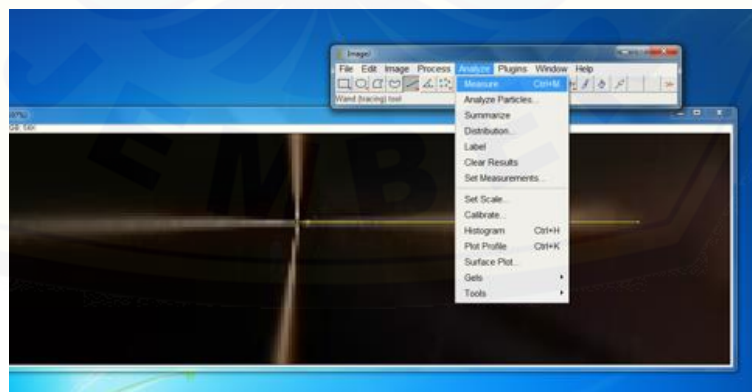
Selanjutnya isi kolom pada *known distance* dengan skala yang sudah ditentukan, isi *unit of length* dengan satuan yang telah ditentukan, kemudian *ceklist* kotak global dan klik ok. Gambar 3.4 menunjukkan setting skala pada imageJ.



Gambar 3.4 Tampilan menu *set scale*

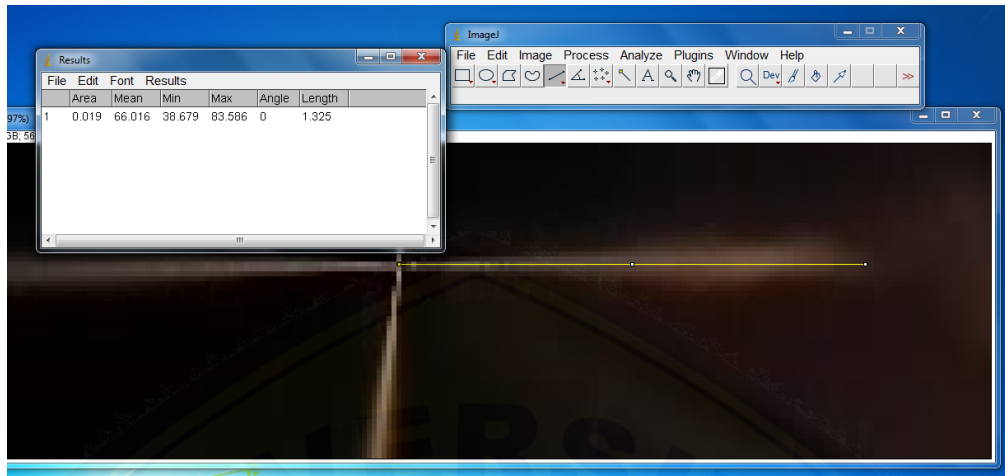
Setelah melakukan *setting* skala maka selanjutnya melakukan pengukuran pada semburan bahan bakar.

- c. Pilih file klik *open* untuk membuka gambar yang akan diukur panjangnya.
- d. Klik *straight*, lakukan pengukuran pada semburan bahan bakar. Pengukuran panjang penetrasi dimulai dari ujung *nozzle* hingga penetrasi terluar.
- e. Pilih *analyze* dan klik *measure* seperti pada Gambar 3.5.



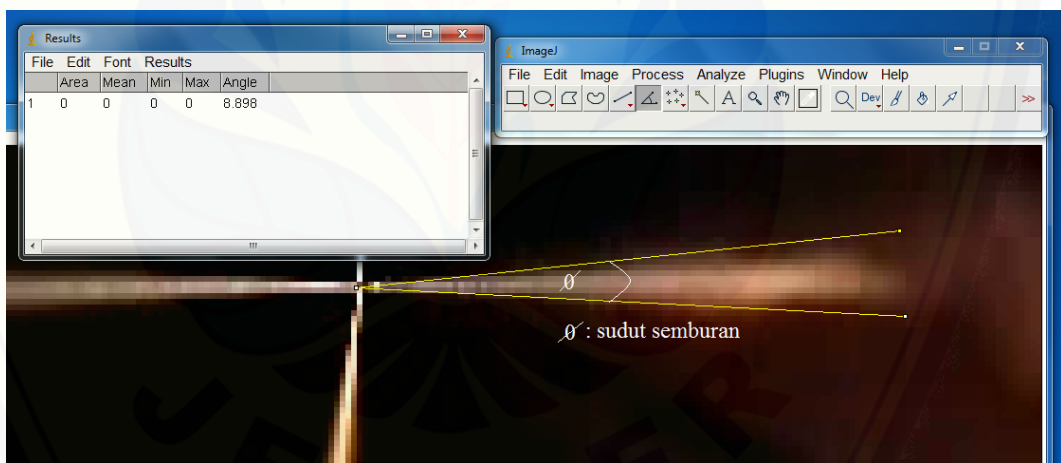
Gambar 3.5 Tampilan menu *analyze*

Setelah klik *measure* maka akan muncul kotak dialog *result* seperti pada gambar 3.6 yang didalamnya berisi kolom *area*, *mean*, *min*, *max*, *angle*, dan *length*.



Gambar 3.6 Tampilan menu *result* pada panjang

- f. Untuk pengukuran sudut semburan sama dengan pengukuran pada panjang penetrasi hanya saja untuk mengukur sudut menggunakan *angle tool*. Klik *angle tool* dan lakukan pengukuran sudut semburan bahan bakar selanjutnya pilih *analyze* dan klik *measure* seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Pengukuran sudut semburan bahan bakar

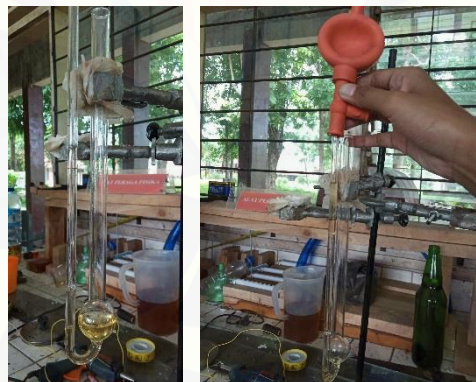
### 3.5.6 Pengukuran Viskositas Bahan Bakar

Pengukuran viskositas bahan bakar menggunakan viscometer Oswald, yaitu dengan cara menghitung waktu yang ditempuh bahan bakar melewati garis A ke garis B. Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk mengukur nilai viskositas bahan bakar adalah sebagai berikut :

- a. Viscometer Oswald

- b. *Ball pipet*
- c. Corong kaca
- d. Klem buret
- e. *Heater*
- f. *Stopwatch*
- g. Bahan bakar
- h. Air

Cara mengukur viskositas bahan bakar yaitu gantungkan viscometer oswald pada klem buret, kemudian memasukkan bahan bakar ke dalam viscometer oswald pada bagian pipa yang lebih besar hingga memenuhi separuh bagian dari viscometer yang berbentuk bola menggunakan corong kaca, pasangkan ball pipet pada viscometer bagian tabung kecil, sedot bahan bakar dengan menggunakan ball pipet dengan cara menekan bagian S pada ball pipet, sedot bahan bakar hingga melewati garis paling atas, kemudian lepas ball pipet. Gambar 3.8 menunjukkan cara menggunakan viscometer Oswald.



Gambar 3.8 Pengukuran viskositas

Catat waktu yang ditempuh bahan bakar saat melewati garis atas ke garis bawah menggunakan stopwatch. Untuk bahan bakar dengan variasi temperatur  $50^{\circ}$ ,  $70^{\circ}$ , dan  $90^{\circ}$  bahan bakar dipanaskan menggunakan heater kemudian diukur nilai viskositasnya. Air digunakan sebagai sebagai pembanding karena nilai viskositasnya telah diketahui. Rumus viskositas menggunakan viscometer oswald adalah sebagai berikut

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 \times t_1}{\rho_2 \times t_2} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

$\eta_1$  = viskositas sampel (cP)

$\eta_2$  = viskositas air (cP)

$\rho_1$  = massa jenis sampel (g/ml)

$\rho_2$  = massa jenis air (g/ml)

$t_1$  = waktu yang dibutuhkan sampel melewati garis atas ke garis bawah (s)

$t_2$  = waktu yang dibutuhkan air melewati garis atas ke garis bawah (s)

Pengukuran massa jenis ( $\rho$ ) menggunakan piknometer dengan cara menimbang piknometer kosong, kemudian isi piknometer dengan bahan bakar yang akan diuji massa jenisnya timbang kembali piknometer yang telah berisi bahan bakar seperti pada Gambar 3.9. Rumus yang digunakan untuk menghitung massa jenis adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

$\rho$  = massa jenis (gr/ml)

$m_2$  = massa piknometer berisi bahan bakar (gr)

$m_1$  = massa piknometer kosong (gr)

$V$  = volume piknometer (ml)



Gambar 3.9 Pengukuran massa jenis

Perhitungan viskositas bahan bakar menggunakan perbandingan zat cair yang telah diketahui nilai viskositasnya dalam hal ini menggunakan air terdapat pada lampiran 3.

### 3.5.7 Pengukuran Volume Spray Bahan Bakar

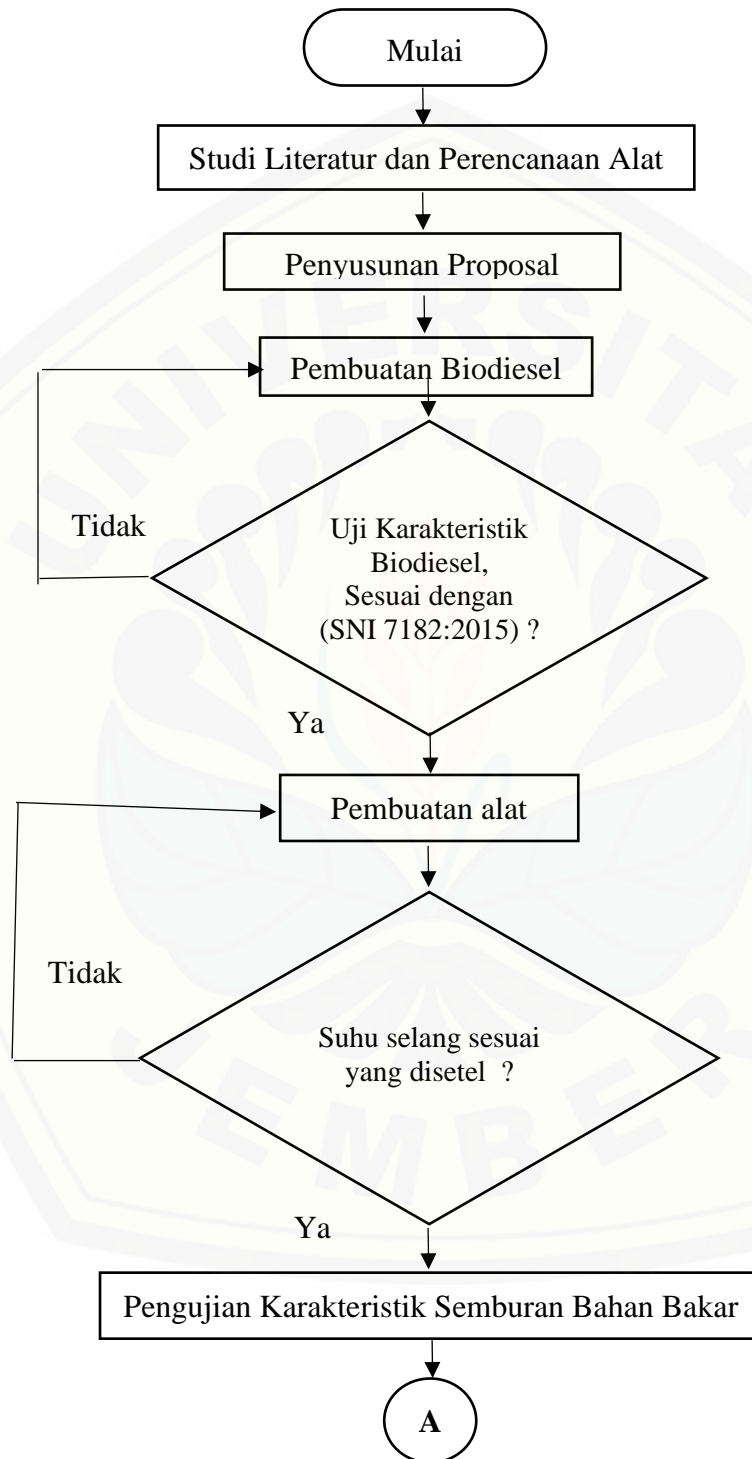
Mengukur volume spray dengan cara menyemprotkan bahan bakar B0 tanpa pemanas menggunakan gelas ukur, semprotkan sebanyak 5 kali semprotan hal ini dilakukan untuk memudahkan melihat pembacaan pada gelas ukur. Melakukan pengukuran volume spray pada temperatur berbeda dan bahan bakar yang berbeda. Pengukuran volume spray bahan bakar seperti terlihat pada Gambar 3.10.



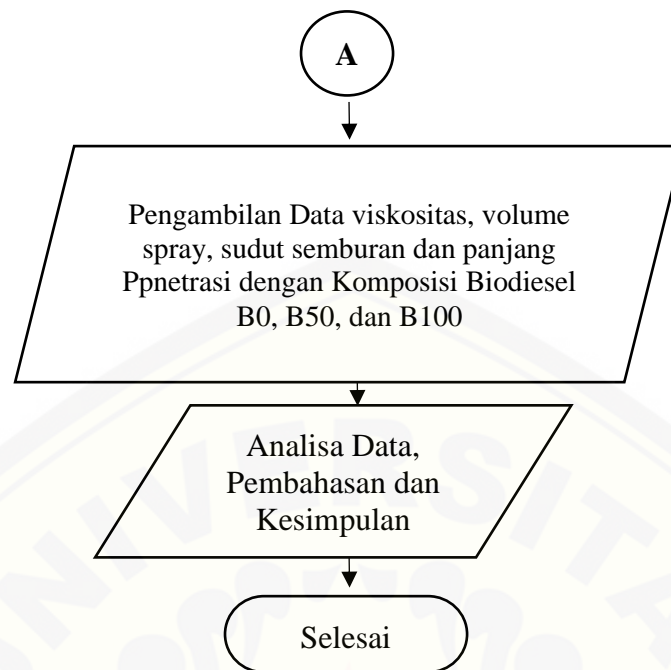
Gambar 3.10 Pengukuran volume spray

### 3.6 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.8 menunjukkan diagram alir penelitian.







Gambar 3.8 Diagram alir penelitian

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan analisa data yang diperoleh, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- a. Penambahan biodiesel dapat menyebabkan viskositas bahan bakar lebih tinggi, panjang penetrasi bahan bakar menjadi lebih pendek, sudut semburan menjadi lebih kecil, kecepatan bahan bakar menurun, dan tidak terjadi pengurangan atau penambahan pada volume spray bahan bakar.
- b. Penambahan biodiesel dan pemanas bahan bakar dapat menyebabkan viskositas bahan bakar menurun, panjang penetrasi bahan bakar bertambah, sudut semburan menjadi lebih besar, kecepatan bahan bakar bertambah, dan volume spray berkurang.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya untuk dapat meneliti pengaruh penambahan biodiesel dan pemanas bahan bakar terhadap diameter ukuran droplet dan distribusi diameter droplet.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Atabani, A.E., A.S.Silitonga, T.M.I. Mahlia, H.H., Masjuki dan I.A.Badrudin.2011. Calophyllum inophyllum L as a potential feedstock for biodiesel production. Departement of mechanical engineering. Kuala Lumpur: Universitas of Malaya.
- Arifin, Z.M.T., dan Sukoco. 2009. Pengendalian polusi kendaraan. Bandung:Alfabeta.
- Badan Standarisasi National (BSN).2015.Biodiesel. Revisi dari SNI 7128:2012. Jakarta: BSN Pusat.
- Bustomi, S., Tati, R.T., Sudradjat, R., Leksono, B., Kosasih, S., Anggraeni, I., Syamsuwida, D., Lisnawati, Y., Mile, Y., Djaenudin, D., Mahfudz, dan Rachman, E. 2008. Nyamplung (Calophyllum inophyllum L) Sumber energy biofuel yang potensial. Badan Litbang Kehutanan: Jakarta.
- Chen, H., B.Xie, J. Ma dan Y. Chen. 2018. Nox emission of biodiesel compared to diesel: higher or lower. Applied thermal engineering. 137:584-593.
- Chaware. K. 2015. Review on effect of fuel magnetism by varing intensity on performance and emission of single cylinder four stroke diesel engine. International journal of engineering and general science Vol. 3(1) : 1174-1178.
- Dewang, syamsir. Suriani.Handriani, siti. Bannu dan Abdullah, B. 2017. Physical properties of nyamplung oil (calophyllum inophyllum l) for biodiesel production. Journal of physics:conference series.
- Dweek, A.C. dan Meadows, T. 2002. Tamanu (Calophyllum inophyllum L). the Africa, Asia Polynesia and pacific panacea. International J cos Sci 24:1-8.
- Fayyazbakhsh, A., and V. Pirouzfard. 2015. Investigating the influence of additives-fuel on diesel engine performance and emissions: Analytical modeling and experimental validation. Fuel Vol. 7(5): 201-209. doi: 10.1016/j.fuel.2015.12.028.
- Fuhaid, Naif. Sahbaha, Muhammad Agus. Dan Arianto, Adhy. 2011. Pengaruh Medan electromagnet terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada motor bensin. Proton. Vol 3. No.1
- Ghurri, Ainul. 2012. Karakteristik semprotan bahan bakar biodiesel pada system injeksi common rail. Proceeding seminar national tahunan teknik mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV. Universitas Gadjah Mada:Yogyakarta 16-17.

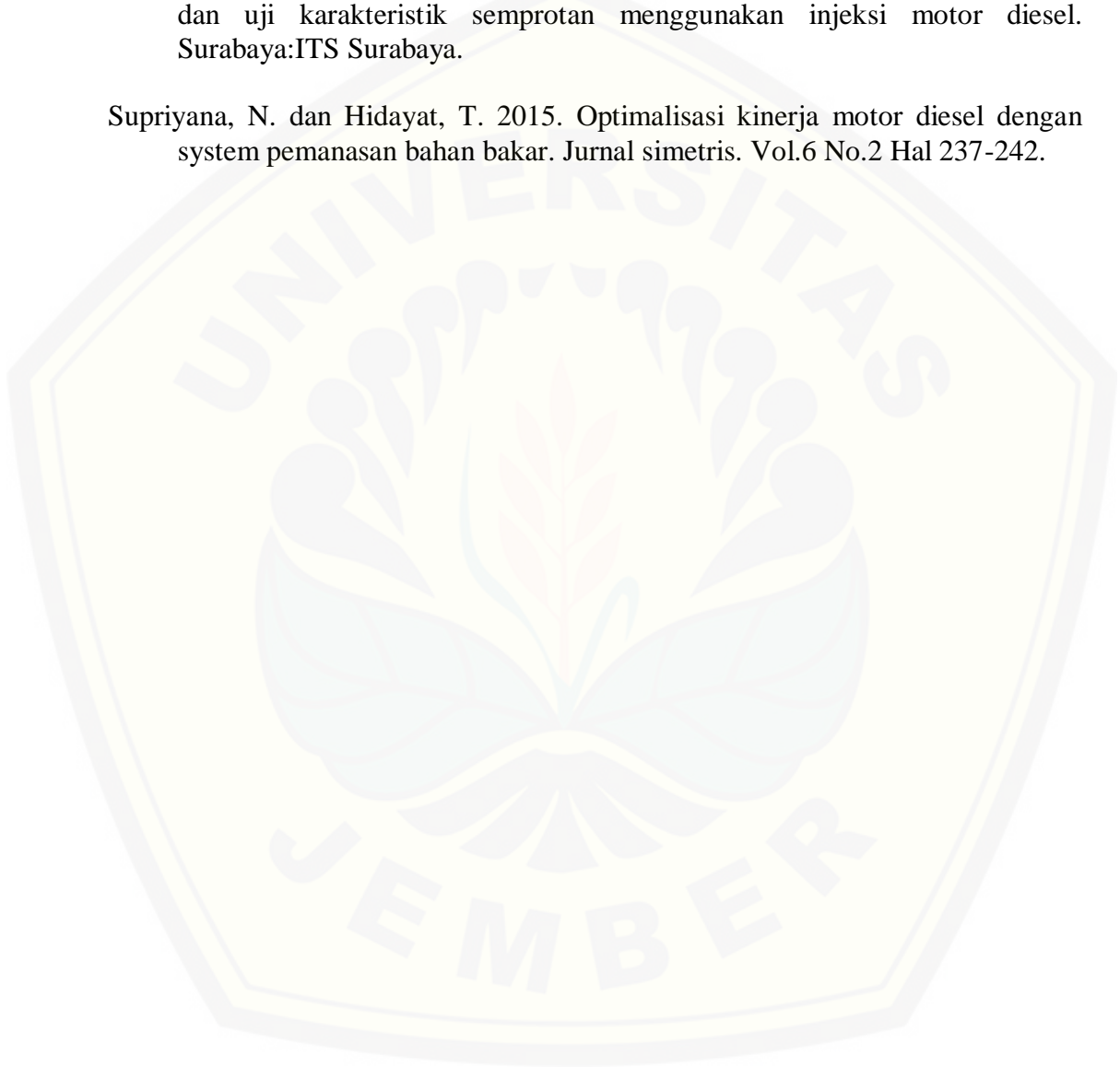
- Govindasamy, P., and S. Dhandapani. 2009. Effects of EGR & Magnetic fuel treatment system on engine emission characteristics in a bio fuel engine. Proceedings of International conference on mechanical engineering. Bangladesh. August. 2009: 26-28.
- Gubiz, G.M., Mittelbach, M. dan Trabi, M. (1999). Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Technol* 67:73-82.
- Hadi, A. dan Wahyudi. 2009. Pemanfaatan minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) sebagai bahan bakar minyak pengganti solar. *Jurnal riset daerah* Vol. VIII no.2.
- 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. Universitas Lampung. *AGRITECH*. 35(2):234-240.
- Hasibuan, Sawarn., Sahirman. Yudawati, Ni Made Ayu. 2015. Karakteristik fisikokimia dan antibakteri hasil purifikasi minyak biji nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L). *AGRITECH* . Vol 33 No. 3.
- Havendri, A. 2008. Kaji eksperimental perbandingan prestasi dan emisi gas buang motor bakar diesel menggunakan bahan bakar campuran solar dengan biodiesel cpo, minyak jarak dan minyak kelapa. *Jurnal Universitas Andalas*. 1(29):38-46.
- Keraten, S. 1986. Pengantar Teknologi minyak dan lemak pangan. UI Press. Jakarta.
- Khalid, Amir. Jaat, Yohan Christian M. Zaman, Izzuddin. 2013. Effect of Preheated Fuel on Mixture Formation of Biodiesel Spray. *Applied mechanics and materials*. Vol 393 pp 493-498.
- Kristanto, P. 2015. Motor bakar torak (Teori dan aplikasi). Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Kuncahyo, P., A.Z.M. Fathallah, dan Semin. 2013. Analisa prediksi potensi bahan baku biodiesel sebagai suplemen bahan bakar motor diesel di Indonesia. *Jurnal Teknik POMITS*. 2(1): 62-66.
- Nufus, Tatun Hayatun. Hermawan, Wawan. Setiawan, Radite Praeko Agus. Tambunan, Armansyah Halomoan. 2018. Kajian efek medan elektromagnet terhadap karakteristik semburan bahan bakar solar, biodiesel, dan campuran keduanya. *JTEP Jurnal Keteknikaan Pertanian*. Vol. 6 No.1 hal 99-106.
- Pinto, Agapito. Kusuma, I G B Wijaya. Adnyana, I W Bandem. 2015. Uji karakteristik penyemprotan bahan bakar biodiesel pada nozzle mesin diesel dengan sistem injeksi langsung. *Jurnal Logic*. Vol.15 No.1

Rabiam dan Arifin, Z. 2011. Sistem bahan bakar motor diesel. Yogyakarta: Graha ilmu.

Siswani, E. 2012. Sintesis dan karakteristik biodiesel dari minyak jelantah pada berbagai waktu dan suhu. Prosiding seminar nasional penelitian, pendidikan dan penerapan MIPA. 2.Juni 2012.Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta: 103—112.

Sudarmanta, Bambang. Sungkono, Djoko.2009.Transesterifikasi crude palm oil dan uji karakteristik semprotan menggunakan injeksi motor diesel. Surabaya:ITS Surabaya.

Supriyana, N. dan Hidayat, T. 2015. Optimalisasi kinerja motor diesel dengan system pemanasan bahan bakar. Jurnal simetris. Vol.6 No.2 Hal 237-242.



LAMPIRAN 1.

A. Perhitungan Proses *Degumming*

Katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sebanyak 0,5 % v/v

Diketahui : Crude oil nyamplung = 500 ml

Ditanya : volume katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ?

Dijawab : volume katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4 = 0,5 \% \times \text{volume minyak}$

$$\text{volume katalis } \text{H}_3\text{PO}_4 = 0,5 \% \times 500 \text{ ml}$$

$$\text{volume katalis } \text{H}_3\text{PO}_4 = 2,5 \text{ ml}$$

B. Perhitungan Proses Esterifikasi

Katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebanyak 2 % v/v

Diketahui : volume minyak hasil degumming = 490 ml

Ditanya : volume katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ?

Dijawab : volume katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \% \times \text{volume minyak degumming}$

$$\text{volume katalis } \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\% \times 490 \text{ ml}$$

$$\text{volume katalis } \text{H}_2\text{SO}_4 = 9,8 \text{ ml}$$

Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) sebanyak 22 : 1 mol

Diketahui : volume minyak degumming = 490 ml

$$\text{Massa jenis } (\rho) \text{ minyak degumming} = 0,895 \text{ gr/ml}$$

$$\text{Berat Molekul (BM)} = 885,41 \text{ gr/mol}$$

$$\text{Massa jenis } (\rho) \text{ methanol} = 0,7918 \text{ gr/ml}$$

$$\text{BM methanol} = 32,04 \text{ gr/mol}$$

Ditanya : volume methanol ?

Dijawab :  $m = \rho \times V$

$$m = 0,895 \text{ gr/ml} \times 490 \text{ ml}$$

$$m = 438,550 \text{ gr}$$

$$n = m / \text{BM}$$

$$n = 438,550 \text{ gr} / 885,41 \text{ gr/mol}$$

$$n = 0,495 \text{ mol}$$

karena perbandingan methanol dan minyak hasil degumming 22 : 1 mol maka

n methanol adalah

$$n \text{ methanol} = 22 \times 0,495 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ methanol} &= 10,89 \text{ mol} \\
 \text{massa methanol} &= n \text{ methanol} \times \text{BM methanol} \\
 \text{massa methanol} &= 10,89 \text{ mol} \times 32,04 \text{ gr/mol} \\
 \text{massa methanol} &= 348,91 \text{ gr} \\
 V \text{ methanol} &= m / (\rho) \text{ methanol} \\
 V \text{ methanol} &= 348,91 \text{ gr} / 0,7918 \text{ gr/ml} \\
 V \text{ methanol} &= 440,65 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Proses Transesterifikasi

Katalis KOH sebanyak 1% dari berat trigliserida

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui} &: V \text{ Trigliserida} = 450 \text{ ml} \\
 &\text{Massa Trigliserida} = 333 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Ditanya : massa KOH ?

$$\begin{aligned}
 \text{Dijawab} &: m \text{ KOH} = 1\% \times \text{massa Trigliserida} \\
 &m \text{ KOH} = 1\% \times 333 \text{ gr} \\
 &m \text{ KOH} = 3,33 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Methanol (CH<sub>3</sub>OH) sebanyak 6 : 1 mol

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui} &: \text{volume Trigliserida} = 450 \text{ ml} \\
 &\text{Massa jenis } (\rho) \text{ Trigliserida} = 0,895 \text{ gr/ml} \\
 &\text{Berat Molekul (BM)} = 885,41 \text{ gr/mol} \\
 &\text{Massa jenis } (\rho) \text{ methanol} = 0,7918 \text{ gr/ml} \\
 &\text{BM methanol} = 32,04 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

Ditanya : volume methanol ?

$$\begin{aligned}
 \text{Dijawab} &: m = \rho \times V \\
 &m = 0,895 \text{ gr/ml} \times 450 \text{ ml} \\
 &m = 402,75 \text{ gr} \\
 &n = m / \text{BM} \\
 &n = 402,75 \text{ gr} / 885,41 \text{ gr/mol} \\
 &n = 0,455 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

karena perbandingan methanol dan minyak hasil degumming 6 : 1 mol maka

n methanol adalah

$$n \text{ methanol} = 6 \times 0,455 \text{ mol}$$

$$n \text{ methanol} = 2,73 \text{ mol}$$

$$\text{massa methanol} = n \text{ methanol} \times \text{BM methanol}$$

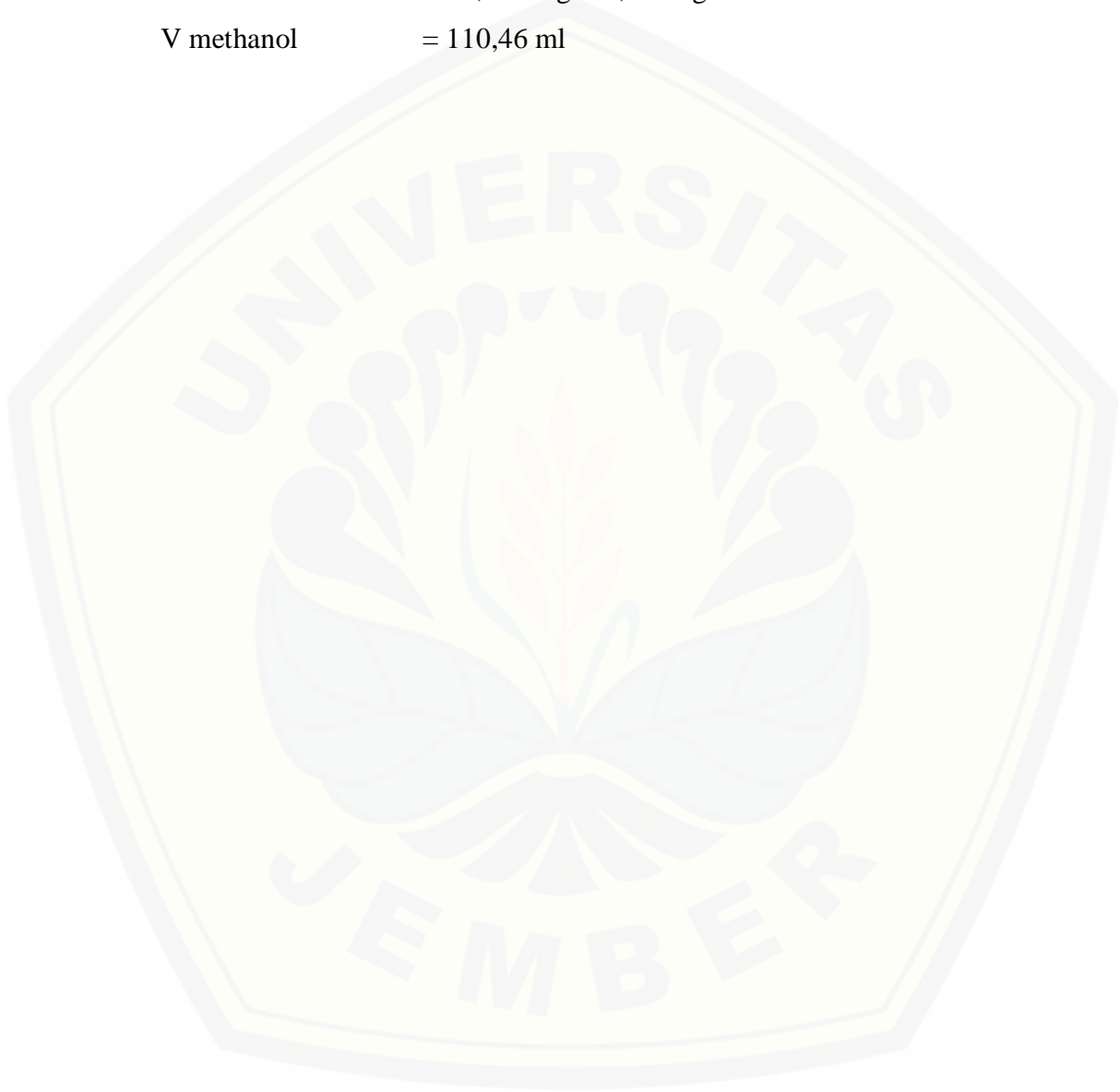
$$\text{massa methanol} = 2,73 \text{ mol} \times 32,04 \text{ gr/mol}$$

$$\text{massa methanol} = 87,4692 \text{ gr}$$

$$V \text{ methanol} = m / (\rho) \text{ methanol}$$

$$V \text{ methanol} = 87,4692 \text{ gr} / 0,7918 \text{ gr/ml}$$

$$V \text{ methanol} = 110,46 \text{ ml}$$





**Test Report**  
**No.TR-209-BD/F15433/2019**

No. COQ	: IL.299-WP/19	Product	: SOLAR
Nama Transport	: MT RHONE	Asal Sampel	: COMPOSITE SHIP TANK
Loading Port	: Refinery Unit IV Cilacap	No. Sample	: 994/BD/F307/2019
Discharge Port	: Integrated Terminal Tanjung Wangi	Tanggal Sampling	: 08 Desember 2019

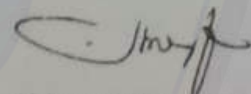
Parameter	Test Method	Unit	Limitation Min	Limitation Max	Result
Indeks Setana	ASTM D4737	-	45	-	51.8
Berat Jenis @ 15 °C	ASTM D1298	kg/m <sup>3</sup>	815	870	848.2
Viskositas Kinematis @ 40 °C	ASTM D445	mm <sup>2</sup> /dt	2.0	4.5	3.45
Kandungan Sulfur	ASTM D4294	% m/m	-	0.25	0.16
Distilasi : 90% vol Penguapan	ASTM D86	°C	-	370	358.1
Flash Point	ASTM D93	°C	52	-	60
Titik Tuang	ASTM D97	°C	-	18	9
Kandungan Air	ASTM D6304	mg/kg	-	500	144.4
Warna	ASTM D1500	No. ASTM	-	3.0	1
Penampilan Visual		-	Clear & Bright	Clear & Bright	Clear & Bright

**Catatan**

1. Sesuai keputusan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 28.K/10/DJM.T/2016 tanggal 24 Februari 2016 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar 48 yang Dipasarkan di Dalam Negeri.
2. Hasil pengujian sampel memenuhi spesifikasi Dirjen Migas.

Banyuwangi, 08 Desember 2019

Pengawas Quality & Quantity



Muhammad Choirul Rofiqul Mizan



**KETERANGAN HASIL ANALISA**

No. 16/LTAKI/I/2020

Terima dari : **Luluk**  
 Universitas Jember  
 Jenis contoh : **Bahan bakar**  
 Kode contoh : **Nyemplung B50, Nyemplung B100**  
 Uji : **Densitas 40°C, Viskositas 40°V, Flash point**  
 Diterima tgl. : **6 Januari 2020**

Parameter	Satuan	Hasil analisa		Metode analisa
		Nyemplung B50	Nyemplung B100	
Densitas 40°C	g/mL	0,8704	0,8762	Piknometri
Viskositas 40°V	cSt	2,7	2,5	Viskometri
Flash point	°C	112	160	ASTM D-93

**Keterangan :**

- ◆ Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima

Surabaya, 9 Januari 2020



**Siti Nurkhamidah, ST, MS, Ph.D**  
 Kepala Laboratorium TAKI



**LABORATORIUM TAKI**  
**(Teknologi Air dan Konsultasi Industri)**  
**Departemen Teknik Kimia FTI - ITS**

Kampus ITS, Keputih - Sukolilo, Surabaya, Telp. 031-5922935  
 Fax. 031-5922935, E-mail : lab.taki@chem-eng.its.ac.id

**KETERANGAN HASIL ANALISA**

No. 01/LTAKII/2020

Terima dari : **Sdr. Wafir**  
 ( universitas jember)  
 U.analisa : Nilai kalori  
 Diterima tgl. : 26 Desember 2019

Kode contoh	Hasil analisa	Methode analisa
	Nilai kalori ,Kcal/kg	
Kelapa pertadex B10	10118.6	Bomb Calorimetry
Kelapa pertadex B30	10306.9	
Kelapa biosolar B10	10531.8	
Kelapa biosolar B20	10365.1	
Kelapa biosolar B30	10420.4	
B10 (kemiri+biosolar)	10590.9	
B20 (kemiri+biosolar)	10493.5	
B30 (kemiri+biosolar)	10455.0	
B30 (kemiri+pertadex)	10463.9	
B20 kelapa pertadex	10674.1	
B10 (kemiri+pertadex)	10967.8	
B20 (kemiri+pertadex)	10480.0	
B100 (biodisel kemiri)	9621.19	
Pertadex	11280.6	
Biosolar	10787.9	
Biodisel kelapa	8548.63	
Nyemplung B100	10819.7	
Nyemplung B0	1009.6	
Nyemplung B50	9280.89	

Keterangan :

- ◆ Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima.

Surabaya, 06 Januari 2020



**LAMPIRAN 3.**

Lampiran 3 berisi mengenai perhitungan viskositas bahan bakar.

Diketahui : viskositas air = 0.2136 cP  
 Berat air dan piknometer = 81 gr  
 Berat piknometer = 31 gr  
 Waktu yang ditempuh air = 4.5 s

Ditanya : Viskositas bahan bakar ?

Dijawab :

Rumus viskositas dengan pengukuran menggunakan viscometer Oswald adalah sebagai berikut

$$\eta = \frac{t.p.r^4}{8.V.l}$$

Keterangan :

- $\eta$  = viskositas (cP)
- t = waktu yang dibutuhkan melewati garis atas ke garis bawah pada viscometer Oswald (s)
- r = jari-jari kapiler (cm)
- l = jarak garis atas ke garis bawah (cm)
- V = volume cairan (ml)
- P = beda tekanan pada bagian atas cairan

Karena r dan l sulit diukur dengan tepat, maka digunakan cairan pembanding (cairan yang sudah diketahui nilai viskositasnya, dalam hal ini menggunakan air).

Sehingga didapatkan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\eta_x}{\eta_y} = \frac{t_x.p_x.r^4}{8.V.l} \times \frac{8.V.l}{t_y.p_y.r^4}$$

$$\frac{\eta_x}{\eta_y} = \frac{t_x.p_x}{t_y.p_y}$$

Karena P setara dengan  $\rho$  maka :

$$\frac{\eta_x}{\eta_y} = \frac{t_x.\rho_x}{t_y.\rho_y}$$

$$\eta_x = \frac{t_x \cdot \rho_x}{t_y \cdot \rho_y} \times \eta_y$$

Keterangan :

$\eta_x$  = viskositas sampel (cP)

$\eta_y$  = viskositas air (cP)

$t_x$  = waktu sampel yang dibutuhkan melewati garis atas ke garis bawah (s)

$t_y$  = waktu air yang dibutuhkan melewati garis atas ke garis bawah (s)

$\rho_x$  = massa jenis sampel (gr/ml)

$\rho_y$  = massa jenis air (gr/ml)

Berdasarkan hasil perhitungan waktu sampel yang dibutuhkan untuk melewati garis atas ke garis bawah seperti terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu sampel untuk melewati garis atas ke garis bawah

Penambahan biodiesel	Penambahan pemanas			
	Tanpa pemanas	50	70	90
B0	2.44	2.4	2.32	2.44
B50	2.71	2.44	2.36	2.29
B100	2.77	2.59	2.55	2.47

Hasil pengukuran massa jenis terdapat pada Tabel 2

Tabel 2. Pengukuran massa jenis bahan bakar

Penambahan biodiesel	Penambahan pemanas			
	Tanpa pemanas (gr/ml)	50 (gr/ml)	70 (gr/ml)	90 (gr/ml)
B0	0.84	0.84	0.82	0.82
B50	0.86	0.84	0.82	0.82
B100	0.88	0.86	0.84	0.84

Maka untuk menghitung viskositas bahan bakar sebagai berikut (sebagai contoh pada B0 tanpa pemanas)

$$\eta_x = \frac{t_x \cdot \rho_x}{t_y \cdot \rho_y} \times \eta_y$$

$$\eta_x = \frac{2.44 \times 0.84}{4.5 \times 1} \times 0.2136$$

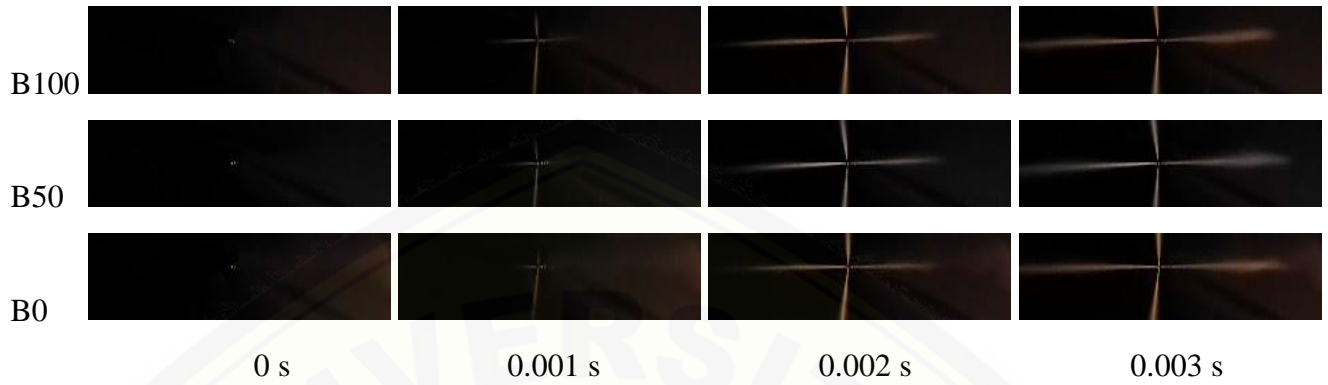
$$\eta_x = 0.09728768$$



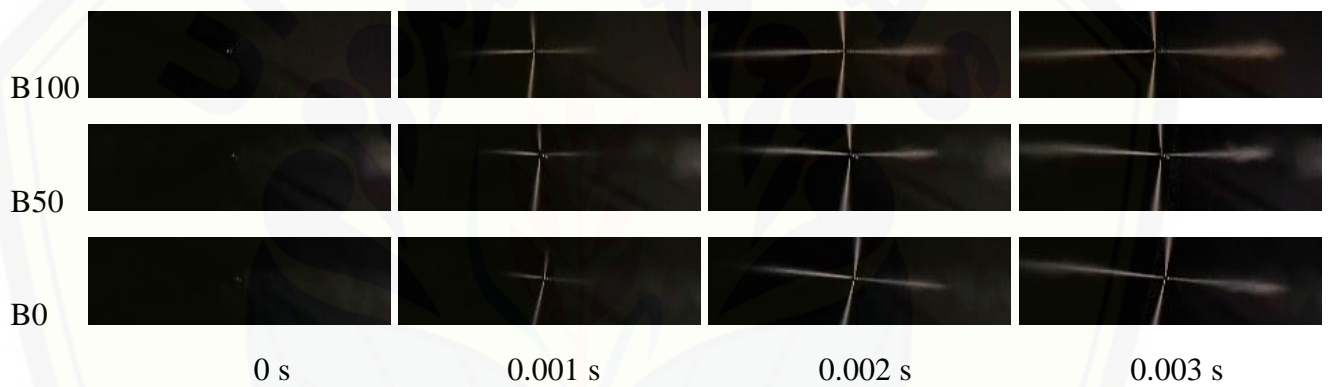
LAMPIRAN 4.

Lampiran 4 berisi mengenai hasil penelitian semburan bahan bakar biodiesel.

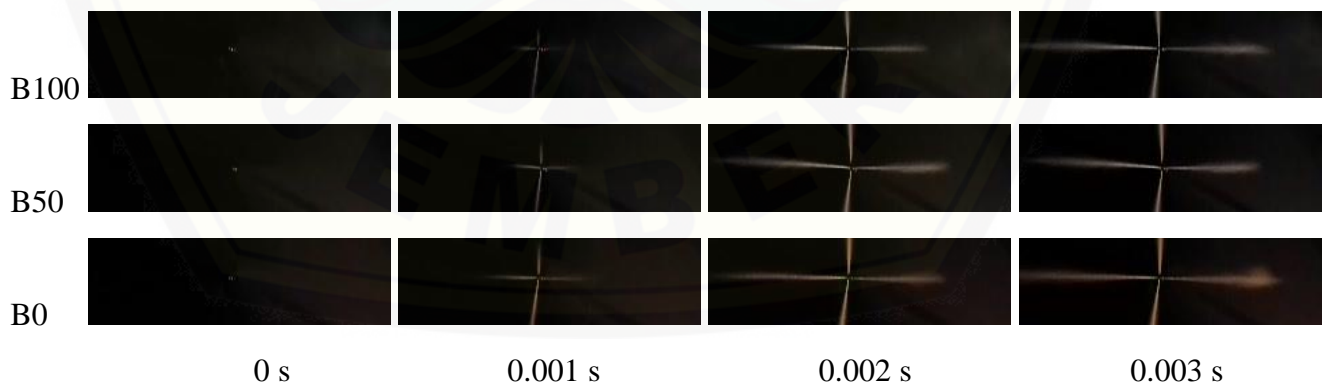
**A. Tanpa Temperatur**



**B. Temperatur 50<sup>0</sup> C**



**C. Temperatur 70<sup>0</sup> C**



**D. Temperatur 90° C**

