



**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BIOSOLAR  
DENGAN PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK BIJI RANDU  
(*CEIBA PENTANDRA*)**

**SKRIPSI**

Oleh

**Nofal Kharis**

**NIM 141910101052**

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

**2018**





**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BIOSOLAR  
DENGAN PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK BIJI RANDU  
(*CEIBA PENTANDRA*)**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Nofal Kharis**

**NIM 141910101052**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**

## PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa karena dengan Kemurahan, Bimbingan, dan Penyertaan-Nya penelitian Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bidang ilmu Teknik Mesin.

1. Keluargaku, Bapak H. Iskandar, SP, Ibu Nasuha, Kakak tercinta Rusli Murtdlo, Hari Nasrullah, Anis Imania dan Adikku Qomaria Febrianti, Dina Norma Fadillah dan Dia Nur Azizah atas semua dukungan, perhatian, doa, cinta, kasih sayang, semangat, motivasi dan bimbingan;
2. Keluarga besar M16 Teknik Mesin Universitas Jember angkatan 2014 yang banyak membantu dan memberikan semangat serta suka duka selama kuliah;
3. Teman-teman Pondok Pesantren Mahasiswa Syafiur Rohman, KKN 04, serta teman-teman Teknik Mesin Unej yang telah memberikan ilmu dan dukungan;
4. Almamater tercinta Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;

Dan seluruh pihak yang telah mendukung dan tak bisa saya sebutkan satu-satu.

**MOTTO**

Untuk mendapatkan sesuatu yang kau inginkan, kau harus bersabar dengan  
sesuatu yang kau benci.

(Imam Ghazali)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nofal Kharis

NIM : 141910101052

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Karakteristik Pembakaran Biosolar Dengan Penambahan Biodiesel Minyak Biji Randu (*Ceiba Pentandra*)” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun 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, 13 November 2018

Yang menyatakan,

Nofal Kharis

NIM 141910101052

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BIOSOLAR  
DENGAN PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK BIJI RANDU  
(CEIBA PENTANDRA )**

Oleh

Nofal Kharis

NIM 141910101052

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Hari Arbiantara B., S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Karakteristik Pembakaran Biosolar Dengan Penambahan Biodiesel Minyak Biji Randu (*Ceiba Pentandra*) ” karya Nofal Kharis telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Senin, 5 November 2018

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji :

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.  
NIP 19681205 1997021 001

Hari Arbiantara B., S.T., M.T..  
NIP 19670924 1994121 001

Penguji I,

Penguji II,

Dr.Nasrul Ilminnafik S.T., M.T.  
NIP 197111141 1999031 002

Moch. Edoward R., S.T., M.T.  
NIP 19870430 2014041 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM.  
NIP 19661215 199503 2 001



## RINGKASAN

### **Karakteristik Pembakaran Biosolar Dengan Penambahan Biodiesel Minyak**

**Biji Randu (*Ceiba Pentandra*);** Nofal Kharis, 141910101052; 2018 42 Halaman;

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Indonesia sangat berpotensi untuk produksi biodiesel berbahan nabati dengan banyak keunggulan dengan minyak diesel yakni dapat diperbaharui dan dapat terurai secara alami, Biodiesel dihasilkan dari minyak tumbuh tumbuhan yang telah diubah menjadi *ester methyl* dengan proses *transesterifikasi*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku kecepatan pembakaran laminar dengan bahan bakar biosolar dicampur biodiesel biji randu pada pembakaran persentase bahan bakar B0, B10, B20, B30 dan B100.

Penelitian dilaksanakan di Lab. Konversi Energi Universitas Jember, penelitian tentang karakteristik campuran biosolar dan biodiesel berbahan biji randu. Biosolar dan biodiesel dicampur dengan komposisi B0 (100% biosolar), B10 (10% biodiesel), B20, B30, dan B100 (100% biodiesel). Campuran ini diuji nilai kalor, *flash point*, *densitas*, dan *viskositas*. Proses pembuatan biodiesel dilakukan di Lab. Konversi Energi Universitas Jember dan pengujian karakteristik biodiesel dilakukan di Lab. Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Brawijaya Malang. Hasil penelitian memiliki karakteristik terbaik sebagai berikut: kalor 8641,473 kal/gram, *densitas* 8730 g/cm<sup>3</sup>, *viskositas* 6.815 cst, *flash point* 115 °C.

Bahan bakar yang telah diperoleh diteliti karakteristik pembakarannya secara premix dengan cara diupkan pada temperatur 120 °C. Uap biosolar dialirkan menuju *bunsen burner* dengan debit tetap (2 ml/menit) dan dicampur udara pada variasi ekivalen rasio ( $\phi$ ) 0,8; 1; dan 1,2 dan dinyalakan. Api yang dihasilkan direkam dengan kamera dan dilakukan analisa terhadap api, meliputi kecepatan pembakaran dan tinggi api.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembakaran bahan bakar membutuhkan sejumlah besar udara sehingga kecepatan pembakaran laminar (SL) yang tertinggi di campuran yang kecil. Pada nyala api sudut yang terbentuk menggambarkan kecepatan pembakaran. Penigkatan persentase biodiesel membuat nilai penurunan sudut disetiap penambahan biodiesel. Sehingga membuat nilai kecepatan menurun. Dapat diketahui bahwa variasi ekivalen rasio ( $\phi = 0,8$ ) dengan bahan bakar campuran B10 menghasilkan nilai kecepatan pembakaran laminar tertinggi 24,103 cm/s dan nilai kecepatan pembakaran laminar B30 terendah 21,409 cm/s. Sedangkan untuk tinggi api memiliki nilai tertinggi pada B30 18,583 mm dan nilai tinggi api terendah pada B10 17,202 mm.

## SUMMARY

**Karakteristik Pembakaran Biosolar Dengan Penambahan Biodiesel Minyak Biji Randu (*Ceiba Pentandra* )**; Nofal Kharis, 141910101052; 2018 42 pages; Departement of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

*Indonesia has the potential for biofuel-based biodiesel production with many advantages with diesel oil which is renewable and can be decomposed naturally. Biodiesel is produced from plant oil which has been converted into methyyl esters by transesterification. The purpose of this study was to determine the behavior of laminar speed with biosolar fuel mixed with ceiba pentandra seed biodiesel in combustion percentages of B0, B10, B20, B30 and B100 fuels.*

*The research was carried out at the University of Jember Energy Conversion Laboratory, research on the characteristics of biodiesel blends and biofuel seeds. Biosolar and biodiesel are mixed with the composition B0 (100% biodiesel), B10 (10% biodiesel), B20, B30, and B100 (100% biodiesel). This mixture is tested for calorific value, flash point, density, and viscosity. The process of making biodiesel is carried out in the Lab. The University of Jember Energy Conversion and characteristic testing of biodiesel are carried out in the Lab. Motorbike Burns Mechanical Engineering Department of Brawijaya University FT Malang. The results of the study have the best characteristics as follows: Heat 8641,473 kal / gram, Mass Type 8730 g / cm<sup>3</sup>, Viscosity 6,815 cst, Flash Point 115 ° C.*

*The fuel that has been obtained is examined by its premix combustion characteristics by evaporating at a temperature of 120 ° C. Biosolar steam is flowed into the bunsen burner with a fixed discharge (2 ml / minute) and mixed with air in the equivalent variation ratio ( $\phi$ ) 0.8; 1; and 1,2 and turned on. The resulting fire is recorded with a camera and an analysis of the fire is carried out, including combustion speed and fire height.*

*The results show that fuel combustion requires a large amount of air so that the highest laminar combustion rate (SL) is in a small mixture. At the flame the angle formed represents the speed of combustion. Increasing the percentage of biodiesel makes the value of the angle decrease in each addition of biodiesel. So that the speed value decreases. It can be seen that the equivalent variation of the ratio ( $\phi = 0.8$ ) with mixed fuel B10 results in the highest laminar combustion speed value of 24.103 cm / s and the lowest laminar B30 combustion speed value of 21.409 cm / s. While for the fire height has the highest value at B30 18,583 mm and the lowest value of fire height at B10 17,202 mm.*

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakteristik Pembakaran Biosolar Dengan Penambahan Biodiesel Minyak Biji Randu (*ceiba pentandra*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

1. Bapak, Ibu dan Keluarga tercinta yang selalu tiada henti dan tiada lelah mendidik dan menasehati, yang telah memberikan dorongan dan doanya demi terselesaikannya skripsi ini.
2. Hary Sutjahjono, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Utama, Hari Arbiantara B., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan ide, saran, serta meluangkan waktunya untuk membimbing saya selama proses penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini.
3. Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T., selaku dosen penguji I, dan Moch. Edoward R., S.T., M.T., selaku dosen penguji II yang memberikan saran dan kritik untuk penyusunan skripsi ini.
4. Ir. Digdo Listyadi S, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Penelitian yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
5. Seluruh staf pengajar dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing saya selama saya duduk di bangku perkuliahan.
6. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir.

Penulis menyadari sebagai manusia yang tak lepas dari kekhilafan dan kekurangan, oleh karena itu diharapkan adanya kritik, saran, dan ide yang bersifat

konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini dan penelitian berikutnya yang berkaitan dengan skripsi ini. penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, November 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<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> .....	4
<b>1.4 Manfaat</b> .....	4
<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.....	6
2.1.2 Karakteristik Biodiesel .....	7
<b>2.2 Pohon Kapuk Randu (<i>ceiba pentandra</i>)</b> .....	7
2.2.1 Biji Kapuk Randu .....	8
<b>2.3 Pembuatan Biodiesel</b> .....	9
2.3.1 Ekstraksi biodisel.....	9
2.3.2 Free Fatty Acid (FFA) .....	9
2.3.3 Degumming .....	10
2.3.4 Esterifikasi.....	10
2.3.5 Transesterifikasi .....	10
2.3.6 Pencucian.....	11



<b>2.4 Reaksi Pembakaran</b> .....	11
2.4.1 Air Fuel Ratio (AFR).....	11
2.4.2 Api Laminer dan Turbulen .....	12
2.4.3 Kecepatan Pembakaran Laminer .....	13
2.4.4 Nyala Api premix .....	14
2.4.5 Nyala Api Difusi.....	14
<b>2.5 Bunsen Burner</b> .....	15
<b>2.6 Peneliti Terdahulu</b> .....	16
<b>2.7 Hipotesa</b> .....	17
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	19
<b>3.1 Metode Penelitian</b> .....	19
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	19
3.2.1 Tempat penelitian .....	19
3.2.1 Waktu Penelitian .....	19
<b>3.3 Alat dan bahan penelitian</b> .....	19
3.3.1 Alat Pembuatan Biodisel .....	19
3.3.2 Bahan Pembuatan Biodisel.....	20
3.3.3 Pembuatan Pengukur Kecepatan Api .....	20
3.3.4 Penelitian Karakteristik Pembakaran.....	20
<b>3.4 Variabel Penelitian</b> .....	21
3.4.1 Variabel Bebas.....	21
3.4.2 Variabel Terikat.....	21
3.4.3 Variabel Kontrol.....	21
<b>3.5 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data</b> .....	22
<b>3.6 Pengamatan yang Dilakukan</b> .....	22
<b>3.7 Tahap Penelitian</b> .....	22
3.7.1 Tahap Pembuatan <i>Heater</i> .....	22
3.7.2 Tahap Penyiapan Biodiesel Minyak biji kapuk.....	22
3.7.3 Tahap Pembuatan Alat Penguji Karakteristik Pembakaran .....	22
<b>3.8 Tahap Pengujian</b> .....	24
3.8.1 Tahap Penyiapan Tempat .....	24
3.8.2 Tahap Pengujian .....	24

<b>3.9 Rekap Pengambilan Data</b> .....	24
3.9.1 Pengambilan data tinggi nyala api.....	24
3.9.2 Pengambilan data gambar kecepatan pembakaran .....	25
<b>3.10 Diagram Alir Penelitian</b> .....	27
<b>BAB 4. PEMBAHASAN</b> .....	28
<b>4.1 Hasil Penelitian</b> .....	28
4.1.1 Hasil Karakteristik biodiesel.....	28
4.1.2 Gambar Nyala Api.....	29
4.1.3 Tinggi nyala api .....	31
4.1.4 Kecepatan Pembakaran.....	33
<b>4.2 Pembahasan Hasil Penelitian</b> .....	36
<b>BAB 5. KESIMPULAN</b> .....	39
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	39
<b>5.2 Saran</b> .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	40
<b>LAMPIRAN</b> .....	43

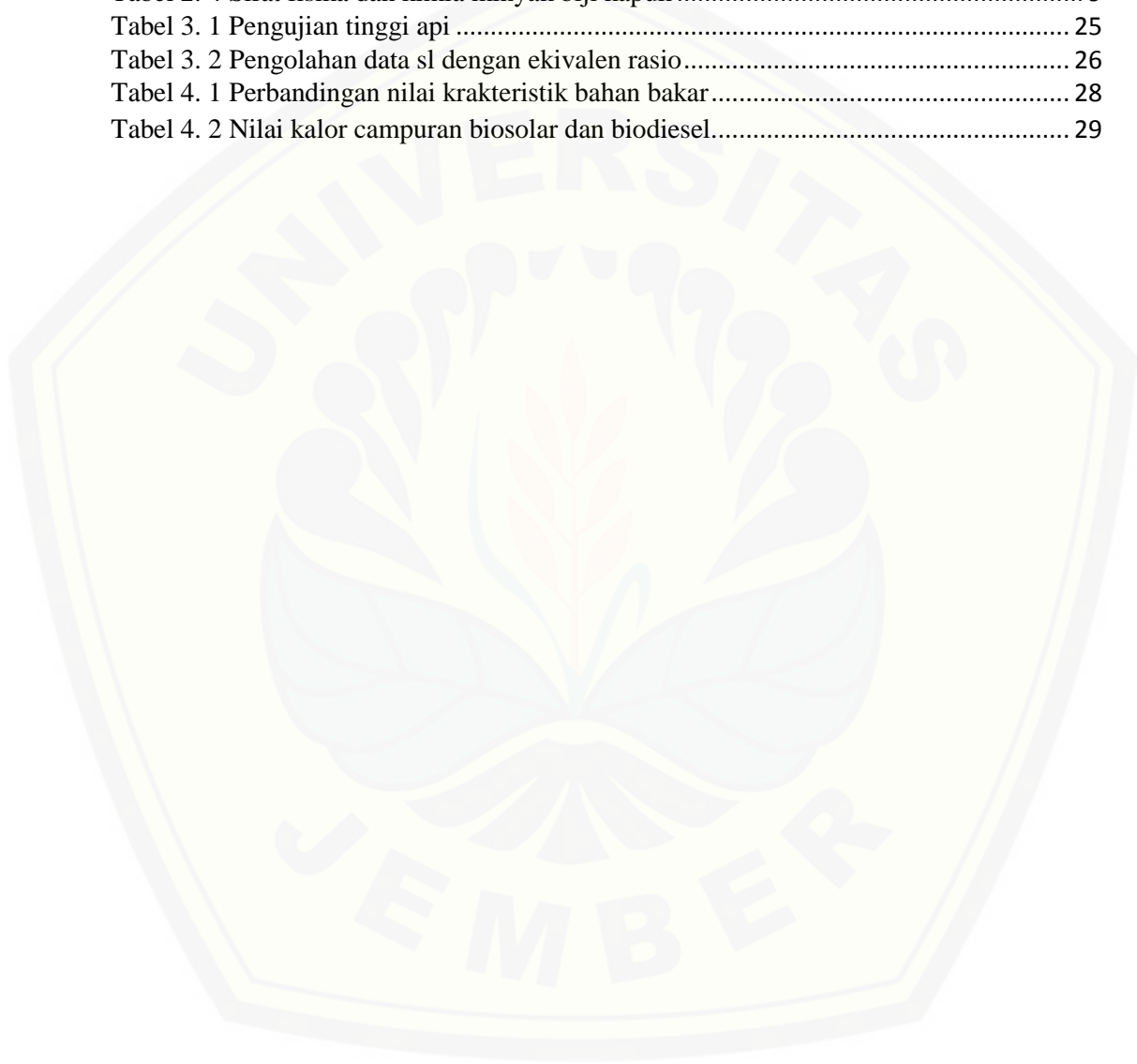
**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1 Biji kapuk randu .....	8
Gambar 2. 2 Arus laminar vs arus turbulen .....	12
Gambar 2. 3 Foto api dan cara mengukur kecepatan pembakaran laminar .....	13
Gambar 2. 4 Nyala api Difusi dan Premix .....	15
Gambar 2. 5 Bunsen Burner.....	15
Gambar 4. 1 Bentuk api biosolar dan biodiesel dengan ekivalen rasio $\phi$ 0.8 .....	30
Gambar 4. 2 Bentuk api biosolar dan Biodiesel dengan ekivalen rasio $\phi$ 1.....	30
Gambar 4. 3 Bentuk api biosolar dan Biodiesel dengan ekivalen rasio $\phi$ 1.2.....	31
Gambar 4. 4 Grafik tinggi api ekivalen rasio ( $\phi$ ) 0,8.....	31
Gambar 4. 5 Grafik tinggi api ekivalen rasio ( $\phi$ ) 1 .....	32
Gambar 4. 6 Grafik tinggi api ekivalen rasio ( $\phi$ ) 1,2.....	33
Gambar 4. 7 Grafik kecepatan pembakaran ekivalen rasio ( $\phi$ ) 0,8.....	34
Gambar 4. 8 kecepatan pembakaran ekivalen rasio ( $\phi$ ) 1 .....	34
Gambar 4. 9 kecepatan pembakaran ekivalen rasio ( $\phi$ ) 1.2 .....	35
Gambar 4. 10 Rata - rata tinggi api.....	36
Gambar 4. 11 Rata - rata kecepatan pembakaran.....	37



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Produksi minyak nabati per hektar .....	6
Tabel 2. 2 Tumbuhan indonesia penghasil minyak lemak.....	6
Tabel 2. 3 Syarat mutu biodiesel standar .....	7
Tabel 2. 4 Sifat fisika dan kimia minyak biji kapuk .....	9
Tabel 3. 1 Pengujian tinggi api .....	25
Tabel 3. 2 Pengolahan data sl dengan ekivalen rasio.....	26
Tabel 4. 1 Perbandingan nilai krakteristik bahan bakar .....	28
Tabel 4. 2 Nilai kalor campuran biosolar dan biodiesel.....	29





## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertambahan populasi penduduk dan peningkatan kebutuhan manusia. Pertumbuhan ekonomi, penduduk, pengembangan wilayah dan pembangunan dari tahun ke tahun, kebutuhan akan pemenuhan energi di semua sektor pengguna energi secara nasional juga semakin besar. Maka kebutuhan terhadap energi terutama energi fosil juga ikut meningkat, menipisnya cadangan dari sumber energi fosil terutama minyak bumi maka pemerintah Indonesia dan masyarakat untuk mencari alternatif lain sebagai sumber energi. Upaya pencarian pengembangan dan penggalian sumber energi alternatif harus mempertimbangkan faktor-faktor utamanya yaitu energi, ekonomi dan ekologi, dengan kata lain sistem yang dikembangkan harus dapat memproduksi energi lebih besar.

Indonesia sangat berpotensi untuk produksi biodiesel berbahan nabati dengan banyak keunggulan yakni dapat diperbaharui dan dapat terurai secara alami, banyak sumber bahan bakar alternatif yang mudah ditemukan di Indonesia (Niken, 2015). Biodiesel dihasilkan dari minyak tumbuh tumbuhan yang terdapat di Indonesia, baik dari sisi kuantitas maupun variasinya, meliputi dari minyak tumbuhan dan hewan, total sumber penghasil minyak biodiesel lebih dari 50 jenis, meliputi kelapa sawit, jarak pagar, biji karet, minyak jelantah, kelapa, kapuk, nyamplung, alga, dan lain sebagainya dapat dijadikan sebagai bahan bakar pengganti solar (Kuncahyo, 2016).

Salah satu sumber minyak nabati yang potensial di Indonesia adalah biji kapuk randu bahan alami yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel (Endang dkk, 2015). Kapuk adalah pohon tropis berasal dari bagian utara dari Amerika Selatan, Amerika Tengah, dan Karibia. Biji randu mengandung 24-40% minyak dari berat kering sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk biodiesel. Minyak biji randu mudah didapat, mempunyai kandungan asam tak jenuh yang relatif tinggi (Norazar dkk, 2012)

Bahan bakar merupakan komponen yang sangat penting di dalam proses pembakaran adalah suatu reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksidator atau udara yang berlangsung secara cepat yang menghasilkan panas dan cahaya. (wirawan, 2014). Reaksi dapat berlanjut secara spontan melalui panas yang dihasilkan dari reaksi itu sendiri. Syarat terjadinya pembakaran harus terdiri dari tiga komponen utama, yaitu meliputi bahan bakar (*fuel*), udara (*air*), dan energi panas (*heat*). Pembakaran premix adalah salah satu proses pembakaran dimana sebelum dibakar, bahan bakar dan udara di campur dalam suatu *mixing chamber* dengan cara mekanik. Aplikasi dari penggunaan pembakaran premix sehari-hari terlihat pada penggunaan kompor dirumah tangga maupun pada industri (Echekki dkk,1991)

Penelitian tentang pembuatan biodiesel sudah banyak dilakukan. Biodiesel yang diperoleh dari minyak nabati dan minyak hewani sebagai pengganti dari minyak fosil, diantaranya adalah yang telah melakukan pembuatan *methyl ester* (biodiesel) dari Biji Kapuk dengan metanol dengan menggunakan bahan Katalis Padat H-Zeolit (Afrielyanda dkk, 2015). Dengan memvariasikan kecepatan aliran bahan bakar dan udara, semakin besar kecepatan aliran udara maka proses terjadinya *lift off* juga semakin lambat karena semakin cepat aliran udara maka massa alir udara juga semakin besar sehingga makin banyak udara yang bereaksi dengan bahan bakar yang menyebabkan pembakaran semakin baik. (Satoshi dkk, 2005).

Defmit dkk, 2016 melakukan penelitian tentang pengaruh variasi *equivalence ratio* terhadap karakteristik api pembakaran premix minyak jarak pagar. Didapatkan bahwa variasi ekivalen rasio mempengaruhi pola api pembakaran premix minyak jarak pagar dan udara. Dengan massa alir bahan bakar yang konstan, penambahan maasa alir udara mempengaruhi perubahan ekivalen rasio ( $\phi$ ). Pembakaran premix banyak diteliti dengan berbagai perlakuan yang bertujuan untuk mengetahui perilaku kepunahan dan kecepatan api.

Karakteristik yang dapat dijadikan tolok ukur potensi biodisel minyak randu adalah viskositas, densitas, *flash point*, dan parameter pembakaran lainnya. Setelah

biodiesel telah memenuhi syarat standar yang ditentukan, maka perlu pengujian karakteristik pembakarannya seperti kecepatan pembakaran laminar. Kecepatan pembakaran laminar merupakan parameter penting pada proses pembakaran, karena mengandung informasi mendasar mengenai reaktivitas bahan bakar. *Air fuel ratio* (AFR) sangat menentukan apakah pembakaran yang terjadi berlangsung secara optimal. Maka dibutuhkan *air fuel ratio* yang tepat sehingga campuran bahan bakar dan udara berada pada tingkat optimal.

Ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan kecepatan pembakaran laminar seperti metode *heat flux burner* (Wayne, 2012), metode *flat flame burner*, metode *bunsen burner* dan *perforated burner* (Parsa, 2016). Namun pada umumnya metode yang digunakan adalah metode *bunsen burner* karena pengolahan data yang lebih akurat dengan hasil yang lebih baik karena kontak permukaan bahan bakar dengan udara sekitar lebih merata.

Berdasarkan kenyataan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pembuatan biodiesel dari minyak biji kapuk randu menjadi biodiesel kemudian biosolar ditambahkan biodiesel dengan variasi komposisi B0 (100% biosolar), B10 (10% biodiesel), B20, B30, dan B100 (100% biodiesel) proses pembakaran memerlukan energi aktivasi berupa energi panas untuk kelangsungan reaksinya. Maka dari itu diperlukan pemahaman lebih lanjut mengenai hubungan kecepatan reaktan terhadap *air fuel ratio* dan karakteristik pembakaran minyak randu menggunakan alat *bunsen burner* dengan campuran biodiesel dengan komposisi biosolar yang dialirkan menuju nosel, metode ini sangat efektif untuk mengetahui kondisi pembakaran.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan biodiesel (*ceiba pentandra*) pada biosolar terhadap tinggi api dan kecepatan pembakaran.

2. Bagaimana pengaruh ekivalen rasio penambahan biodiesel (*ceiba pentandra*) pada biosolar terhadap tinggi api dan kecepatan pembakaran.

### 1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh biosolar penambahan biodiesel (*ceiba pentandra*) terhadap tinggi api dan kecepatan pembakaran.
2. Mengetahui pengaruh ekivalen rasio biosolar penambahan biodiesel (*ceiba pentandra*) terhadap tinggi api dan kecepatan pembakaran.

### 1.4 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Meningkatkan pengetahuan tentang bahan nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.
2. Untuk memanfaatkan biji randu menjadi bahan baku alternatif dalam pembuatan biodiesel.
3. Memberikan pengetahuan karakteristik api pembakaran biodiesel.
4. Memberikan wawasan kepada masyarakat, menambah nilai ekonomis dari biji randu yang selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal.

### 1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan, Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Faktor kondisi suhu dan kelembapan tetap.
2. Pengaruh kecepatan angin diabaikan.
3. Biji randu seragam.
4. Campuran bahan bakar dianggap homogen.
5. Komposisi bahan pengujian dari awal sampai akhir tetap.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani yang digunakan sebagai bahan bakar, sehingga sangat prospektif untuk dikembangkan. Biodiesel tersusun dari bahan baku yang berasal dari berbagai sumber daya nabati, yaitu kelompok minyak dan lemak dari berbagai macam tumbuhan seperti minyak sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak biji karet, minyak biji randu, minyak kemiri, minyak kusambi dan masih ada lebih dari 50 macam tumbuhan Indonesia yang potensial untuk dijadikan sumber energi bentuk cair ini. Setiap campuran biodiesel-biosolar akan mempunyai karakteristik masing-masing sebagai bahan bakar mesin diesel (Jakfar, 2014).

Karakteristik biodiesel yang akan dihasilkan harus memenuhi standard American Society of Testing Material (ASTM). Beberapa spesifikasi yang menjadi acuan dalam mengetahui kualitas biodiesel berdasarkan karakteristiknya sesuai ASTM antara lain angka asam, titik tuang, titik nyala, viskositas, densitas.

Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi pertukaran gugus trigliserida dengan gugus alkohol dengan bantuan bahan katalis. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali, biasanya digunakan bahan natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Esterifikasi adalah reaksi pengubahan asam lemak bebas menjadi ester yang bertujuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas *free fatty acid* (FFA). Katalis yang digunakan untuk reaksi esterifikasi adalah asam, biasanya asam sulfat atau asam fosfat (Arif, 2014).

### 2.1.1 Potensi Bahan Baku Biodiesel

Indonesia memiliki berbagai jenis bahan baku biodiesel yang berpotensi untuk dijadikan biodiesel bahan bakar minyak yang dapat diperbaharui seperti tumbuhan dan hewan. Bahan bakar minyak ini merupakan hasil dari proses esterifikasi dan transesterifikasi. Produksi minyak setiap jenis bahan baku berbeda-beda menurut jenisnya. Berikut ini produksi minyak nabati per hektar.

Tabel 2. 1 Produksi minyak nabati per hektar

Tanaman	Kg/Ha	Tanaman	Kg /Ha
Jagung	145	Jarak	790
Mete	148	Kapas	273
Gandum	183	Coklat	863
Sawit	189	Kopi	386
Alpukat	2217	Ketumbar	450
Kelapa	2260	Mentimun	1528
Wijen	589	Jarak Pagar	1590
Labu	665	Macauba Palm	3375
Padi	696	Sawit	5000

Indonesia memiliki potensi pertanian yang sangat besar yang tersebar di beberapa 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 tumbuhan penghasil minyak lemak.

Tabel 2. 2 Tumbuhan indonesia penghasil minyak lemak

No	Nama Lokal	Sumber	Kadar %-b-kr
1	Jarak pagar	Inti biji (kernel)	40-60
2	Kapuk/randu	Biji	24-50
3	Karet	Biji	40-50
4	Jagung	Germ	33
5	Nyamplung	Inti biji	40-73
6	Bintaro	Biji	43-64
7	Alpukat	Daging buah	40-80
8	Pagi	Dedak	20
9	Kemiri	Inti biji(kernel)	57-69
10	Wijen	Biji	45-55



Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diformulasikan khusus untuk mesin diesel dengan berbagai kelebihan antara lain tidak perlu modifikasi mesin, mudah digunakan, ramah lingkungan, tidak berbahaya dicampurkan dengan minyak diesel biosolar, memiliki *cetane number* tinggi, memiliki daya pelumas yang tinggi, *biodegradable*, serta bebas dari sulfur dan bahan aromatik Dengan adanya biodiesel, Indonesia akan dapat mengatasi krisis energi.

### 2.1.2 Karakteristik Biodiesel

Biodiesel yang telah terbentuk harus memiliki standar mutu agar dapat diaplikasikan ke dalam mesin diesel. Terdapat beberapa standar mutu biodiesel dibuat melalui suatu proses ekstraksi mekanik dilanjutkan dengan proses kimia yang disebut esterifikasi ataupun transesterifikasi. Uji kualitas terhadap biodiesel hasil sintesis yang meliputi uji sifat fisika dan sifat kimia memenuhi standar Viskositas bahan bakar nabati dapat diturunkan dengan menaikkan temperatur bahan bakar (Fazzry, 2014). Standar mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015 dapat disajikan seperti pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Syarat mutu biodiesel standar

No	Parameter	SNI 7182:2012
1	Massa jenis pada (Kg/m <sup>3</sup> )	850-890
2	Viskositas kinematic	2,3-6,0
3	Angka setana	Min 51
4	Titik nyala	Min. 100
5	Angka asam	Maks.0,8
6	Angka iodium	Maks.115

Sumber : SNI 7182:2015 Biodisel

## 2.2 Pohon Kapuk Randu (*Ceiba pentandra*)

Pohon kapuk dikenal dengan nama ilmiah *cieba pentandra* tumbuhan ini berasal dari India dan banyak ditemukan di beberapa perkebunan di Asia Tenggara (Keko, 2000). Tanaman ini juga berasal dari bagian utara Amerika Selatan, Amerika Tengah, dan Karibia (KPH Kendal, 2011). Tumbuhan ini bisa tahan pada

daerah yang kekurangan air dan umumnya tumbuh di kawasan pinggir pantai serta lahan-lahan dengan ketinggian 100 - 800 meter di atas permukaan laut.

Pohon kapuk merupakan pohon yang menggugurkan bunga, tinggi pohon kapuk 8 sampai 30 meter dan dapat memiliki batang pohon yang cukup besar hingga mencapai diameter 3 meter. Pada batangnya terdapat duri-duri tempel besar yang berbentuk kerucut. Daunnya bertangkai panjang dan berbilang 5-9. Bunga terkumpul di ketiak daun yang sudah rontok (dekat ujung ranting). Daun mahkota bulat telur terbalik dan memanjang dengan panjang 2,5-4 cm. berkulit keras dan berwarna hijau jika masih muda serta berwarna coklat jika telah tua. Bentuk bijinya bulat, kecil-kecil. (Yusuf dkk, 2012).

#### 2.2.1 Biji Kapuk Randu

Tanaman kapuk randu menghasilkan buah kapuk antara 500 sampai 4.000 buah dalam satu kali waktu dengan masing-masing buah mengandung 200 biji. Biji kapuk sangat keras dengan ujung berbentuk kapsul dan berwarna hitam kecoklatan (Norazahar dkk, 2012). biji kapuk dapat dilihat pada gambar.



Gambar 2. 1 Biji kapuk randu

Biji kapuk randu ini dapat diproses menjadi minyak biji kapuk, sedangkan bungkilnya dapat digunakan sebagai bahan untuk pupuk organik untuk tanaman tembakau dan sayuran, serta dapat digunakan sebagai bahan pakan ternak. Biji kapuk memiliki kandungan minyak sebesar 20% sampai 40% (Yuniwati, 2012). Sifat fisika dan kimia minyak biji kapuk dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2. 4 Sifat fisika dan kimia minyak biji kapuk

Karakteristik	Nilai
Bilangan Tersabunkan	0,5-1,8 %
Relatif Indeks 25° C	1,406-1,472
Specific gravity	0,92-0,93
Densitas (g/mL)	0,917
Bilangan Iod	8,6-110

Sumber (Sopiana, 2011: 10)

Minyak biji kapuk berwarna kuning kecoklatan, berbau tengik dan dapat diperoleh melalui proses pengepresan biji kapuk. Minyak biji kapuk memiliki kandungan 70% asam lemak jenuh dan 30% asam lemak tak jenuh, Asam lemak berupa asam linoleat sekitar 68,452%, asam palmitat 26,515% dan asam stearat 2,287% (Herawati, 2013).

### 2.3 Pembuatan Biodiesel

Proses pembuatan biodiesel sangat sederhana. Biodiesel dihasilkan melalui proses yang disebut reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku atau reaksi transesterifikasi trigliserida dengan alkohol dengan bantuan katalis (Abdelrahman, 2017). Katalis yang digunakan untuk reaksi esterifikasi adalah asam, biasanya asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) atau asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) (Shela, 2015). Berdasarkan kandungan FFA dalam minyak nabati maka proses pembuatan biodiesel secara komersial yaitu :

#### 2.3.1 Ekstraksi biodisel

Langkah awal pembuatan biodisel adalah dengan mendapatkan minyak mentah (*Crude Oil*), biasanya dilakukan dengan cara konvensional bisa dilakukan dengan ekstraksi mekanis, dengan mengepress bahan baku untuk didapatkan minyaknya.

#### 2.3.2 Free Fatty Acid (FFA)

Asam lemak bebas atau yang biasa disebut *free fatty acid* (FFA) merupakan asam lemak yang bebas. Asam lemak bebas harus di diminimalisir konsentrasinya dalam proses pengolahan biodisel. Analisis kadar FFA bertujuan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas yang ada pada minyak biji randu dan untuk menentukan

proses pembuatan biodiesel selanjutnya. Jika kadar FFA > 1%, maka dilakukan proses esterifikasi terlebih dahulu, yaitu mereaksikan minyak biji randu dengan larutan metoxide (metanol + katalis asam ( $H_2SO_4$ )). Kadar FFA yang terlalu besar dapat mengakibatkan reaksi saponifikasi dengan katalis, oleh karena itu kadar FFA harus dijaga maksimal 1%. Untuk menentukan kadar FFA bisa dilakukan dengan metode titrasi menggunakan larutan basa 0,1 N yang telah dilakukan standarisasi. Maka dilakukan titrasi sampai mendapat perubahan warna merah muda dan dicatat volume larutan basa yang digunakan (Qiqnama, 2014).

### 2.3.3 Degumming

*Degumming* merupakan proses untuk memisahkan minyak dari getah yang mengandung fosfatida, protein, karbohidrat, residu, air dan sisa kotoran organik lain yang tidak diperlukan dalam proses pembuatan biodiesel. Proses *degumming* dilakukan dengan memanaskan *crude oil* dan penambahan asam fosfat dan diaduk untuk mempercepat proses *degumming* kemudian di diamkan agar kotoran mengendap (Taufiq dkk, 2015)

### 2.3.4 Esterifikasi

*Esterifikasi* bertujuan untuk menghilangkan asam lemak bebas pada minyak dengan cara mengonversi asam lemak bebas menjadi metil ester dengan katalis asam sehingga kadar FFA menjadi turun.. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat, dan karena ini, asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat. (Arif, 2014).

### 2.3.5 Transesterifikasi

*Transesterifikasi* yaitu proses kimiawi yang memerlukan grup alkoholis pada senyawa ester dengan alkohol tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkyl ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Transesterifikasi bertujuan untuk mengubah asam-asam

lemak dari trigliserida dalam bentuk ester, untuk mempercepat reaksi ini diperlukan bantuan katalisator berupa asam atau basa (Bintang dkk, 2015)

#### 2.3.6 Pencucian

Setelah dilakukan pengendapan dan pemisahan antara gliserol dan biodiesel dengan transesterifikasi, maka proses terakhir yang perlu dilakkan adalah pencucian/*washing*. Proses pencucian bertujuan untuk menghilangkan sisa dari bahan pada saat tahap sebelumnya yang tidak dibutuhkan dalam kandungan biodiesel. Proses pencucian menggunakan air panas kemudian dipisahkan kembali menggunakan corong pemisah (Saleh dkk, 2015)

### 2.4 Reaksi Pembakaran

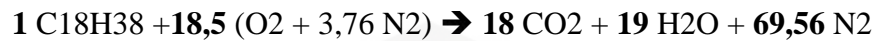
Secara umum, pembakaran dapat didefinisikan sebagai proses atau reaksi oksidasi bahan bakar pada umumnya berupa senyawa organik. Senyawa organik merupakan senyawa yang mengandung unsur-unsur berupa karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O). Sementara oksidator adalah segala substansi yang mengandung oksigen (misalnya udara) di mana udara kering terdiri dari 21% oksigen dan 78% nitrogen, yang akan bereaksi dengan bahan bakar (*fuel*). (Echekki, 1991). Segitiga api mengilustrasikan hubungan antara tiga elemen dasar yang diperlukan untuk membangkitkan api. Tiga elemen dasar yang dibutuhkan untuk membangkitkan api adalah senyawa oksigen, bahan bakar yang dapat terbakar dan mengandung energi, serta sumber api atau sumber panas. Jika salah satu dari ketiga elemen dasar tersebut telah habis, maka api akan padam, atau reaksi pembakaran tidak dapat dilanjutkan dengan baik.

#### 2.4.1 Air Fuel Ratio (AFR)

Untuk dapat berlangsung pembakaran bahan bakar, maka dibutuhkan oksigen yang diambil dari udara. Gas yang ikut bereaksi pada pembakaran hanyalah oksigen, sedangkan unsur lainnya tidak beraksi dan tidak memberikan pengaruh apapun dan bersifat inhibitor. Perbandingan antara jumlah udara dan bahan bakar tersebut dapat dihitung dengan persamaan reaksi pembakaran (Robert, 2009).



Rumus kimia untuk biosolar berada pada rentang C16 – C18, jika rumus kimia untuk biosolar adalah C18H38. Maka reaksi pembakaran stoikiometrinya



AFR adalah  $(18,5 + 69,56) : 1$  atau 87,56 mol udara/mol bahan bakar

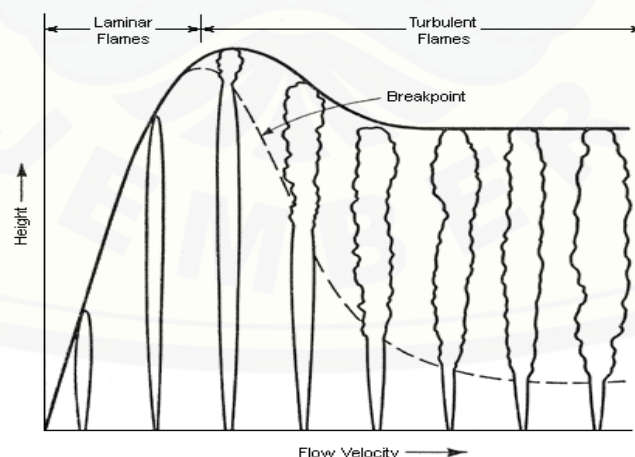
Karena berat molekul udara = 28,68 dan berat molekul C18H38 = 254 maka,

$$\text{AFR} = 87,56 \times 28,68 / 254 = 9,88 \text{ lbm udara/ lbm bahan bakar}$$

Maka didapatkan pembakaran sempurna secara teoritis, jumlah udara yang dibutuhkan pembakaran sempurna pada bahan bakar biosolar C<sub>18</sub>H<sub>38</sub> adalah 9,88 lbm udara per 1 lbm bahan bakar.

#### 2.4.2 Api Laminer dan Turbulen

Visualisasi api yang terlihat pada api tipe ini berbentuk secara laminar atau teratur. Api jenis ini memiliki bentuk mengikuti *streamline* aliran tanpa membentuk turbulensi atau gerakan tidak beraturan. Jenis api laminar lebih mudah dimati secara visual ketimbang api turbulen karena api turbulen menunjukkan pola aliran nyala api yang tidak beraturan atau acak yang memberi indikasi aliran yang bergerak sangat aktif.

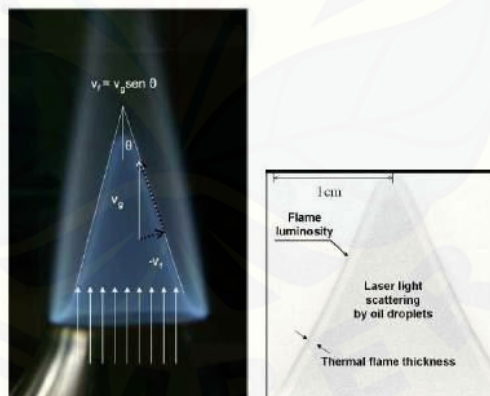


Gambar 2. 2 Arus laminar vs arus turbulen (Stephen, 1996)

### 2.4.3 Kecepatan Pembakaran Laminer

Pengetahuan mengenai karakteristik api dan sifat bahan bakar dapat dijadikan tolak ukur untuk membuat sistem pembakaran dan pengelolanya. Secara umum kecepatan pembakaran laminar dapat didefinisikan sebagai jumlah bahan bakar yang tidak terbakar per satuan waktu dibagi dengan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi (Viona dkk, 2015). Kecepatan pembakaran laminar dapat diamati secara visual karena api yang terbentuk dalam keadaan stabil akibat pola alirannya yang linier.

Soriano dkk. (2010) melakukan penelitian secara eksperimental untuk mendapatkan kecepatan pembakaran perambatan api dalam campuran yang mudah terbakar yang dipengaruhi oleh perbedaan kelengkungan apo, yang merupakan laju regangan aliran gas segar sepanjang garis ke api dibagi dengan kecepatan pembakaran. Tetesan minyak digunakan untuk aliran dan api. Sistem tetesan dibentuk oleh kondensasi setelah penguapan minyak dalam ruang pemasukan di jalur udara. Pemasukan udara dan bahan bakar gas ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) dicampur dalam ruang di hulu burner dan terbakar di api *bunsen stasioner*.



Gambar 2. 3 Foto api dan cara mengukur kecepatan pembakaran laminar (sumber : Soriano dkk 2010)

Kecepatan api laminar (SL) bisa diperkirakan dengan menggunakan persamaan

$$SL = v \sin \alpha$$

Dimana  $\alpha$  adalah sudut setengah dari ujung kerucut api Bunsen.

Kecepatan pembakaran perambatan api dalam campuran yang mudah terbakar yang dipengaruhi oleh perbedaan kelengkungan api atau kurve aliran, Pengukuran kecepatan pembakaran laminar dengan sudut metode untuk campuran gas menggunakan udara yang diperkaya, hasil terbaik dalam campuran ramping dan campuran kaya. (Hernando, 2013).

#### 2.4.4 Nyala Api premix

Nyala api premix (*premixed flame*) terbentuk jika bahan bakar dan oksidator (udara) sudah tercampur sebelum masuk ke dalam daerah reaksi, Umumnya indikasi *premixed flame* dapat dilihat dari warna api yang berwarna biru. Laju pertumbuhan api tergantung dari komposisi kimia bahan bakar yang digunakan, Warna terang ini dapat berubah-ubah tergantung rasio udara dan bahan bakar. (Stephen, 1996).

#### 2.4.5 Nyala Api Difusi

Pada pembakaran *diffusion flame*, bahan bakar dan oksigen (udara) pada awalnya terpisah. Pembakaran akan berlangsung pada daerah dimana bahan bakar dan udara kemudian bercampur. Aliran bahan bakar yang keluar dari ujung nosel akan bercampur dengan udara secara difusi. Umumnya pada nyala api difusi pengaruh udara dari luar sebagai oksidator pembakaran berpengaruh pada nyala api yang dihasilkan. Nyala difusi pada suatu pembakaran cenderung mengalami pergerakan nyala lebih lama dan menghasilkan asap lebih banyak daripada nyala premix. (Stephen, 1996).





Gambar 2. 4 Nyala api Difusi dan Premix

## 2.5 Bunsen Burner

*Bunsen burner* adalah alat pembakar yang dapat menghasilkan nyala api premix (*premix flame*). *Bunsen burner* menggunakan prinsip pengaturan aliran campuran udara-bahan bakar gas secara berkelanjutan *bunsen burner* pertama kali ditemukan oleh Robert William Bunsen (1811-1899).



Gambar 2. 5 Bunsen Burner

Bahan bakar gas masuk ke dalam *burner* melalui saluran pipa di dasar *burner* yang ujung pipanya mempunyai bentuk nosel, supaya bahan bakar gas

langsung dapat bercampur dengan baik dengan udara primer yang masuk. Ketika aliran campuran diberikan sejumlah energi panas yang maka campuran dengan konsentrasi atau disebut dengan kualitas campuran tertentu akan mulai bereaksi dan seterusnya menyala dengan menghasilkan cahaya gas dan udara akan bercampur dengan baik mendekati campuran *homogeny* sepanjang melewati tabung pembakar dan akhirnya mengalir keluar dari ujung tabung pembakar secara kontinu. (Syamsul, 2015)

## 2.6 Peneliti Terdahulu

Syamsul dkk, (2015) melakukan penelitian tentang pembakaran premix minyak nabati. Dengan hasil semakin kaya udara maka api yang terlihat semakin mengecil hingga *blow off*. Hal ini terjadi karena semakin kaya udara menyebabkan bahan bakar yang tercampur dengan sempurna, sehingga bahan bakar yang terbakar secara difusi semakin berkurang dan menyebabkan pembakaran tinggi api yang terbentuk semakin pendek.

Zhen Dkk, (2014) melakukan penelitian eksperimental dengan cara mencampurkan biogas dengan hidrogen untuk mengetahui karakteristik stabilitas api. Dengan hasil pengujian ketinggian api menunjukkan bahwa penambahan hydrogen membuat ketinggian pada kerucut berkurang sehingga meningkatkan kecepatan bakar laminar.

Mega dkk (2014) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh kandungan gas CO<sub>2</sub> dalam Biogas terhadap karakteristik pembakaran premix dengan hasil menunjukkan bahwa kandungan CO<sub>2</sub> dalam biogas berpengaruh terhadap karakteristik nyala api premix. Pada kandungan oksigen dalam reaktan berpengaruh signifikan terhadap perubahan lebar api premix. Pada kondisi campuran dengan *equivalence ratio* mendekati 1, api premix biogas mempunyai kecepatan pembakaran tertinggi.

Wirawan dkk (2014) melakukan penelitian tentang pembakaran premix minyak nabati pada *perforated burner*. Dengan hasil menunjukkan bahwa minyak

kelapa murni terjadi penurunan kecepatan pembakaran SL api *perforated burner* dan bunsen ketika *equivalence ratio* ( $\phi$ ) ditingkatkan. Pembakaran gliserol membutuhkan udara lebih sehingga kecepatan pembakaran SL yang tertinggi di campuran yang sangat ramping.

Defmit (2016) melakukan penelitian dengan pembakaran *premixed* campuran minyak jarak - *liquefied petroleum gas (lpg)* menunjukkan bahwa semakin besar prosentase LPG, maka nyala api semakin stabil pada nilai *equivalence ratio* yang semakin kecil. Kecepatan pembakaran campuran uap minyak jarak dengan LPG memiliki nilai yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar prosentase penambahan bahan bakar LPG, maka kecepatan pembakaran semakin besar pada *equivalence ratio* yang sama. Nilai besar sudut api mempengaruhi kecepatan pembakaran, karena nilai sudut kerucut api berbanding lurus dengan kecepatan pembakaran.

Nove (2016) Proses pembuatan biodiesel dilakukan pada reaktor batch berpengaduk bertekanan, dialiri nitrogen, pada temperature operasi 60 °C. bahan baku berupa minyak biji randu sebanyak 1000 gram, metanol, dan KOH (konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; dan 2% berat minyak) dicampur dan dimasukkan ke dalam reaktor dengan waktu reaksi 0,25; 0,50; 1,00; dan 1,50 jam. Biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standard ASTM. Densitas dan viskositas tertinggi dihasilkan pada konsentrasi KOH 0,5 % dan waktu reaksi 0,25 jam yaitu sebesar 0,8918 g/cm<sup>3</sup> dan 4,989 cSt.

## 2.7 Hipotesa

Hipotesa yang disampaikan dalam penelitian ini yaitu, penggunaan bahan bakar komposisi B0, B10, B20, B30 dan B100. Pada pencampuran bahan bakar biosolar dengan biodiesel mempengaruhi karakteristik pembakarannya, nilai kecepatan pembakaran semakin kecil, hal ini dikarenakan pada proses pembakaran biodiesel sudut api yang terbentuk lebih kecil dari pada sudut api pada pembakaran biosolar murni, akan tetapi tinggi pada api semakin tinggi, dikarenakan nilai

karakteristik dari bahan bakar biosolar lebih bagus dibandingkan dengan biodiesel. Prosentase penambahan biodiesel pada biosolar mengakibatkan menurunnya nilai karakteristik bahan bakar.



## 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 biji randu dan biosolar dengan variasi komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100.

Biodiesel minyak biji randu hasil percampuran dengan biosolar digunakan sebagai bahan bakar pada *bunsen burner*. Pengujian tahap ini adalah untuk mengetahui pengaruh biodiesel minyak biji randu terhadap kecepatan pembakaran dengan perbandingan tinggi nyala api komposisi biodiesel, sehingga mengetahui karakteristik pembakaran antara biosolar dan minyak biji randu.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.2.1 Tempat penelitian

##### a. Pembuatan Penelitian

Pembuatan alat penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

##### b. Penelitian Uji Cepat Ramat Pembakaran Biodiesel

Penelitian karakteristik biodiesel dilakukan dengan memanfaatkan minyak biji randu dengan biosolar.

#### 3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 2 bulan pada bulan 12 Juni 2018 – 12 Agustus 2018.

### 3.3 Alat dan bahan penelitian

#### 3.3.1 Alat Pembuatan Biodiesel

- |               |                   |
|---------------|-------------------|
| - Mesin Press | - Botol Penyimpan |
| - Gelas Ukur  | - Buret           |

- Corong Pemisah
- *Gelas Baker*
- *Magnetic Stirrer*
- Statip
- Klem

### 3.3.2 Bahan Pembuatan Biodisel

- Biji Randu
- Minyak Randu
- $H_3PO_4$  (asam pospat)
- $H_2SO_4$  (asam sulfat)
- NaOH ( Natrium Hidroksida)
- Methanol

### 3.3.3 Pembuatan Pengukur Kecepatan Api

Alat yang digunakan yaitu:

- Mesin bor
- Lem
- Kabel
- Gergaji besi
- Selang
- Obeng
- Volt Dimmer
- Klem
- Pisau
- Kabel
- Nikelin
- Buret
- Kertas Teflon

Bahan yang digunakan yaitu:

- Tembaga dengan dimensi panjang 25 cm diameter 0,5 cm dililiti kawat nikelin dan dilapisi kertas teflon sehingga berfungsi sebagai *heater* yang nantinya bahan bakar dialirkan ke pipa tembaga tersebut.

### 3.3.4 Penelitian Karakteristik Pembakaran

Alat yang digunakan yaitu:

- *Bunsen*
- Termostat
- Tripod
- Termocontrol
- *Stopwatch*
- *Termoreader*
- *Heater*
- Gelas Ukur
- Alat pertukangan
- Kamera Canon 750 D



Bahan yang digunakan yaitu:

- Biodiesel randu komposisi B0, B10, B20, B30 dan B100
- 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:

1. Pengujian kecepatan pembakaran dengan percampuran biosolar dan minyak biji randu dengan komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100.
2. Panjang pipa dan ukuran pipa.

#### **3.4.2 Variabel Terikat**

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data - data yang diperoleh pada pengujian api pembakaran laminar menggunakan biji randu dan pengujian perbandingan suhu api, kecepatan api komposisi B0, B10, B20, B30 dan B100 untuk menganalisa data-datanya yang meliputi :

1. Tinggi nyala api pembakaran
2. Kecepatan pembakaran

#### **3.4.3 Variabel Kontrol**

Variabel bebas yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Penelitian ini mempunyai variabel kontrol komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100.

### 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.

### 3.6 Pengamatan yang Dilakukan

Pada penelitian ini yang akan diamati adalah:

1. Mengukur tinggi nyala api.
2. Menentukan gambar nyala api pembakaran.

### 3.7 Tahap Penelitian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh campuran minyak biji randu terhadap biosolar. Tahap prosedur yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

#### 3.7.1 Tahap Pembuatan *Heater*

Tahap pembuatan *heater* dilakukan dengan memodifikasi tembaga yang dilapisi kertas teflon kemudian dililit dengan kawat nikelin sehingga menjadi *heater*.

#### 3.7.2 Tahap Penyiapan Biodiesel Minyak biji kapuk

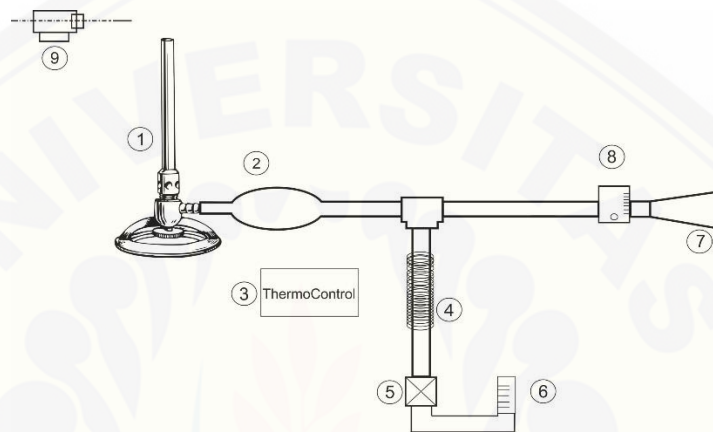
Tahap penyiapan Bioisel minyak biji randu dilakukan dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi kemudian membuat variasi campuran dengan komposisi bahan bakar komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100.

#### 3.7.3 Tahap Pembuatan Alat Penguji Karakteristik Pembakaran

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



1. Mengukur tekanan udara dengan menggunakan *flowmeter* udara.
2. Mendesain sirkulasi alat pembakaran api dengan sistem kontinyu.
3. Mencampurkan biosolar dengan komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100.
4. Memasang alat pembakaran.
5. Mengecek kebocoran pada alat pembakaran.



Gambar 3. 1 Skema pembakaran

Keterangan Gambar

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| 1. <i>Bunsen burner</i> | 6. Buret                  |
| 2. <i>Mxing chamber</i> | 7. Kompresor              |
| 3. <i>Termocontrol</i>  | 8. <i>Flowmeter</i>       |
| 4. <i>Heater</i>        | 9. Kamera Canon EOS 750 D |
| 5. <i>Valve</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

- 1) Mempersiapkan bahan bakar yang digunakan dicampurkan terlebih dahulu dan diaduk sampai benar benar bercampur.
- 2) Biosolar dicampur dengan rasio Biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100.
- 3) Setelah itu bahan bakar dimasukkan kedalam buret dan pipa *heater* dipanaskan hingga menguap untuk dicampur dengan udara.
- 4) Menyalakan api di *bunsen*.
- 5) Memotret api menggunakan kamera Canon 750D dengan pengaturan *ISO* 32000, *shutter speed* 1/100, dan resolusi 3984 x 2656 piksel.
- 6) Mengamati debit bahan bakar menggunakan buret dan *stopwatch*, sedangkan debit udara diamati menggunakan *flowmeter* dengan afr yang berbeda.
- 7) Mematikan api, menutup katub penghubung.
- 8) Melakukan percobaan sebanyak 3 kali dengan komposisi yang sama.
- 9) Mengulangi ppercobaan dengan mengganti ekivalen rasio ( $\phi$ ).
- 10) Mencatat hasilnya dan menganalisa gambar menggunakan software ImageJ.

### 3.9 Rekap Pengambilan Data

Untuk mencatat data hasil pengujian percampuran biosolar dengan minyak biji randu dengan komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100 data tersebut ditampilkan pada Tabel Pengujian 3.1 dan 3.2

#### 3.9.1 Pengambilan data tinggi nyala api

Pengujian tinggi nyala api pembakaran biodiesel biji randu dengan variasi komposisi biodisel B0, B10, B20, B30 dan B100 menggunakan bunsen burner dan

menghitung rata-rata tinggi nyala api dalam tiga kali percobaan. Dari pengujian yang dilakukan akan didapatkan hasil seperti pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Pengujian tinggi api

	Bahan Bakar				
	B0	B10	B20	B30	B100
Pengujian 1					
Pengujian 2					
Pengujian 3					
Rata rata					

Setelah dilakukan pengukuran dan pengambilan data pada tinggi api. Kemudian dilakukan analisa rata-rata terhadap tinggi api.

### 3.9.2 Pengambilan data gambar kecepatan pembakaran

Untuk menentukan nilai kecepatan pembakaran dengan menggunakan persamaan yang juga digunakan pada bunsen burner yaitu:

$$S_L = v \sin \alpha$$

dengan :

$S_L$  = Kecepatan api laminar (cm/s)

$V$  = Kecepatan reaktan (cm/s)

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

Nilai kecepatan reaktan dpat diketahui

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

dengan :

$v$  = Kecepatan reaktan

$Q_{fuel}$  = Debit bahan bakar

$Q_{reak}$  = Debit udara

$A$  = Luas permukaan bunsen

Nilai SL diperoleh dari masing-masing variasi AFR Ekivalen rasio ( $\phi$ ) biodisel yang dilakukan pengujian setidaknya 3 kali percobaan.

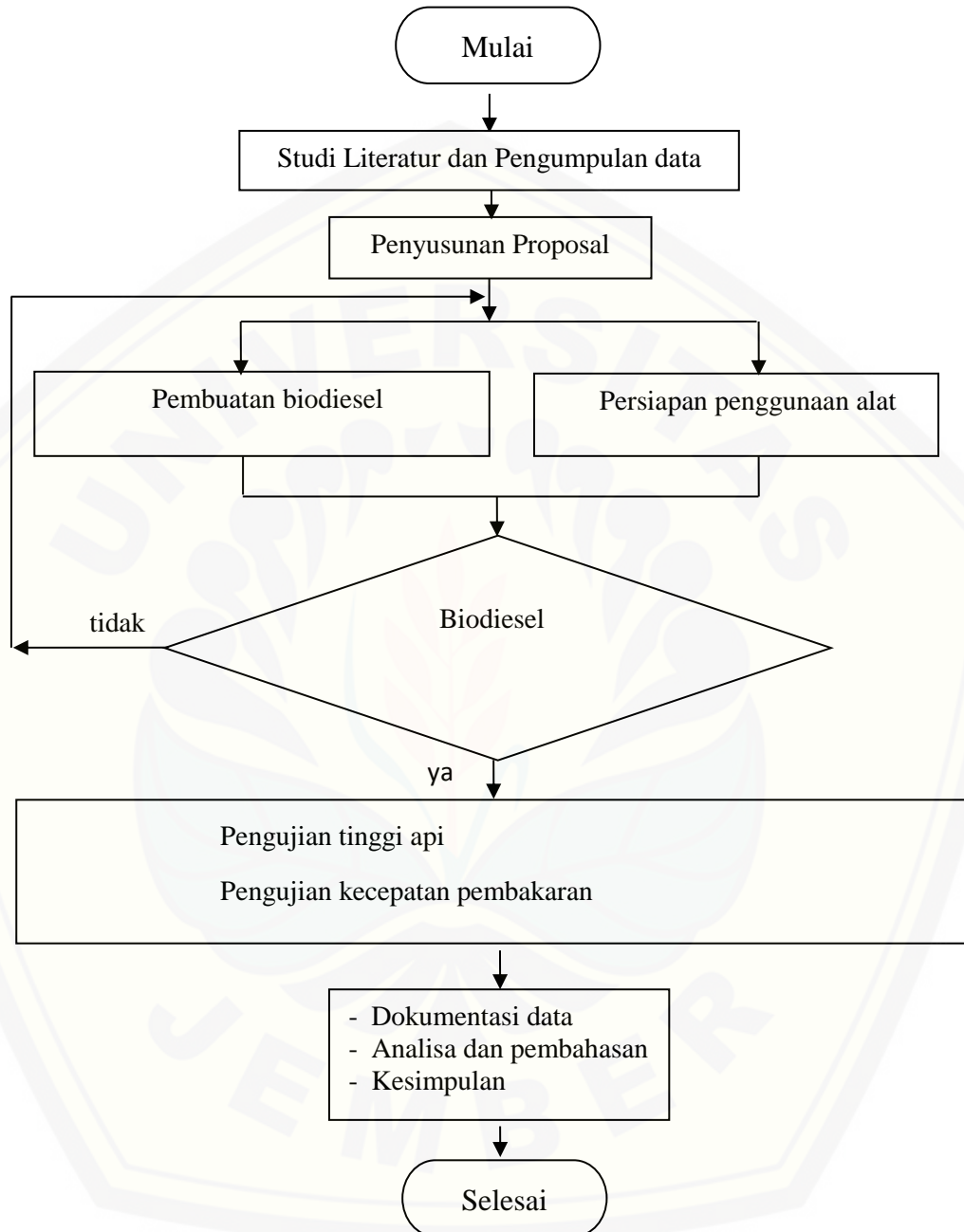
Tabel 3. 2 Pengolahan data sl dengan ekivalen rasio

	Bahan Bakar				
	B0	B10	B20	B30	B100
Pengujian 1					
Pengujian 2					
Pengujian 3					
Rata rata					

Setelah mendapatkan data yang diharapkan, kemudian data yang ada diubah menjadi grafik dan di analisa, kemudian grafik yang telah diperoleh dimasukkan kedalam grafik penelitian hasil penelitian ini.

### 3.10 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir kecepatan pembakaran adalah sebagai berikut:



## BAB 5. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis karakteristik api pembakaran biosolar dengan biodiesel dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Hasil karakterisasi produk biodiesel menunjukkan dari empat parameter pengujian, tiga parameter sesuai dengan standar yang disyaratkan SNI. Melalui perlakuan lebih lanjut, biodiesel dari minyak biji randu ini masih layak digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.
2. Hasil pengujian tinggi api bahan bakar B0, B10 B20, B30 dan B100, terdapat peningkatan tinggi api setiap penambahan biodiesel.
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kecepatan pembakaran SL api ketika ekivalen rasio ( $\phi$ ) ditingkatkan.
4. Semakin kaya udara menyebabkan bahan bakar memiliki udara yang berlebih sehingga bahan bakar yang terbakar secara difusi semakin berkurang dan menyebabkan tinggi api yang terbentuk semakin pendek.
5. Nilai kecepatan pembakaran menggunakan metode bunsen burner akan terus menurun seiring dengan bertambahnya tinggi api yang dihasilkan karena sudut yang terbentuk juga semakin mengecil.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat berikan oleh penulis dari hasil penelitian :

1. Perlu adanya kajian lebih lanjut dalam rangka meningkatkan dan membandingkan kualitas produk biodiesel dari minyak randu.
2. Pada pengujian bisa dilakukan variasi AFR yang lebih banyak lagi pada saat pembakaran.
3. Keadaan lingkungan laboratorium harus lebih diperbaiki lagi agar nyala api tidak terpengaruh oleh udara sekitar.
4. Pemilihan kamera dapat berpengaruh dengan kualitas gambar.



## DAFTAR PUSTAKA

- Afrielyanda, H., S. Bahri, dan Khairat. 2015. Pembuatan Biodiesel dari Biji Kapuk (*Ceiba pentandra*) dengan Katalis Padat H-Zeolit, *Jom F. Teknik* Volume 2 No. 2
- Butler, R. G. dan G. Irvin. 2009. Cyclopentadiene combustion in a plug flow reactor near 1150 K. *Proceedings of the Combustion Institute* 32 (2009) 395–402. *Science Direct*.
- Broustail, G., P. Halter F. Moréac. dan G, Mounaim. 2011. Experimental determination of laminar burning velocity for butanol and ethanol iso-octane blends, *Fuel* 90 (2011) 1–6.
- Colorado, A. F., B. Herrera, dan A. Amell. 2009. Performance of Flameless Combustion Furnace Using Biogas and Natural Gas, *Journal of Bioresource Technology*, Vol. 101, *Issue* 7, 2010, p. 2443-2449.
- Dharma. 2013. Pengaruh variasi equivalence ratio terhadap karakteristik api pembakaran premixed minyak jarak pagar pada perforated burner. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Echekki, T., dan M. Mungal. 1991 Flame speed measurements at the tip of a slot burner: effects of flame curvature and hydrodynamic stretch. *Symp (Int) Combustion* 1991;23:455–61.
- Erliyanti, N. K. 2016. Karakteristik biodiesel dari minyak biji randu (*ceiba pentandra*) pada reaktor batch berpengaduk bertekanan menggunakan katalis koh. *Journal of Research and Technologies*, Vol. 2 No. 1.
- Fadhil, A. B., E. Al-Tikrity, dan M. Albadree. 2017. Biodiesel production from mixed non-edible oils, castor seed oil and waste fish oil. *Irak. Fuel* (210) 721–728: *Science Direct*.
- Fazzry, B., dan N. Agung. 2016. Pengaruh Temperatur Pada Campuran Minyak Kelapa dan Bahan Bakar Solar Terhadap Sudut Injeksi, *Universitas Gajayana Malang* (4) vol 8-11.
- Jakfar, A., dan B Sudarman. 2014. Pembuatan dan Pegujian Biodiesel Biji Nyamplung pada Mesin Diesel Multi Injeksi dengan Variasi Komposisi Campuran Biodiesel dan Biosolar, *Surabaya. ISBN* : 978-602-97491-9-9.
- Kuncahyo, P, A. Zuhdi., dan Semin. 2013. Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia. (2) Vol. 2 ISSN: 2337-3539 Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Keko, H. M., S. Kuga, T. B. Tuyet, dan K. Liyama. (2000). Excellent Oil Absorbent Kapok (*Cieba pentandra*) Fiber: Fiber Structure, Chemical Characteristics, and application. *J Wood Sci* 46. 401-404.
- Kadowaki, S. dan H. Suzuki., dan H. Kobayashi. 2005. Hideaki Kobayashi The unstable behavior of cellular premixed flames induced by intrinsic instability Proceedings of the Combustion. *Institute* 30 (2005) 69–176. *Science Direct*.
- Murni Y. dan A. Amelia. 2009. Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas (Jelantah) dan Metanol dengan Katalisator KOH. *Jurnal Teknologi* 2. (2), 130-136.
- Muhaya, S. B, ING. Wardana, dan D. Widhiyanuriyawan. 2015. Pembakaran Premixed Minyak Nabati pada Bunsen Burner Type Silinder, *Jurnal Rekayasa Mesin* (1) Vol.6.
- Norazahar, N. S., M. Yusup, M. Ahmad, S. A. Bakar dan J. Ahmad. 2012. Parametric Optimization of Kapok (*Ceiba Pentandra*) Oil Methyl Ester Production using Taguchi Approach. *International Journal of Energy and Environment*, Issue 6, Volume 6, 541-548.
- Taufiq, M. Bintang, Aisyah, dan Asri Saleh. 2013. Sintesis Biodiesel Dari Minyak Biji yamplung (*Callophyllum Innophyllum L.*) Dengan Metode Ultrasonokimia. *Chimica et Natura Acta Vol.3 No.2, Agustus 2015:84-89*.
- Tamadonfar, P. dan Ö. L. Gülder. 2016. Effect of burner diameter on the burning velocity of premixed turbulent flames stabilized on Bunsen-type burners. *Experimental Thermal and Fluid Science* 73 (2016) 42–48. *Science Direct*.
- Puspadiman H. 2013. Pengaruh Jenis Pelarut dan Waktu Ekstraksi terhadap Kandungan Asam Linoleat Minyak Biji Kapuk (*Ceiba Pentrada*) sebagai Minyak Pangan. *Skripsi*. Yogyakarta : FMIPA UNY.
- Pertamina. 2015. SNI 7182:2015 Biodiesel. <http://sispk.bsn.go.id/> [Diakses pada Tanggal 16 Mei 2018].
- Qiqmana, A. M. 2014. Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung Dengan proses Degumming Menggunakan asam Sulfat Dan Asam. *Jtm*. Volume 02 Nomor 02 Tahun 2014, 132-139.
- Riwu, D. B., I.N.G.Wardana, dan Y. Lilis. 2016. Kecepatan Pembakaran Premixed Campuran Minyak Jarak Liquefied Petroleum Gas (Lpg) Pada Circular Tube Burner. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.7, No.2 Tahun 2016: 41 – 47.
- Sasongko, M. N., N. Hamidi, dan D. Widyanuriyawan. 2014. Karakteristik pembakaran difusi dan premiks bahan bakar biogas. Laporan Akhir Penelitian. Universitas Brawijaya. 10 April 2014.

- Sopiana. 2011. Modifikasi Bentonit Alam Menjadi Fe sebagai Katalis Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Kapuk. Skripsi. Bogor: FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
- Soriano, G., J. Castell., P. L. Ybarra Garc'ia and F. J. Higuera. 2010. Curvature and burning velocity of Bunsen flame tips, *Monograf'ias de la Real Academia de Ciencias de Zaragoza* 34, 73–86,
- Siswani, D. S., S. Kristianingrum, dan Tohari. 2015. Synthesis Of Biodiesel From Kapuk Seed Oil (Ceiba Pentandra) At Variation Stirring Duration In Transesterification Process. *J. Sains Dasar* 2015 4 (2) 186 – 189.
- Shela, N., dan Y. Tri. 2015. Pemanfaatan Minyak Biji Kapuk (Ceiba Pentandra) Menjadi Methyl Ester Dengan Proses Esterifikasi Transesterifikasi , *Jurnal Semnastek* Issn : 2407 – 1846.
- Susanto J., M., Sobirin, dan W. Arniat. 2016. Sintesis Biodiesel Dari Minyak Biji Kapuk Randu dengan Variasi Suhu pada Reaksi Transesterifikasi dengan menggunakan Katalisator NaOH. FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta. *PELITA*, Volume XI, Nomor 2.
- Turns, S. R. 1996. *An Introduction To Combustion Concepts And Application*. Mc. Graw Hill.
- Wayne, K. Metcalfe dan V. Gillespie. 2012. Measurements of flat-flame velocities of diethyl ether in air. *Energy* 43 (2012) 140 – 145. *Science Direct*.
- Wirawan, I.N.G. Wardana, R. Soenoko, dan S. Wahyudi. 2014. Premixed Combustion of Kapuk (ceiba pentandra) seed oil on Perforated Burner. Bali. *Int. Journal of Renewable Energy Development IJRED – ISSN: : 2252-4940*.
- Wahyuni. S. Ramli, dan Mahrizal. 2015. Pengaruh Suhu Proses dan Lama Pengendapan terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah. FMIPA Universitas Negeri Padang. *PILLAR OF PHYSICS*, Vol. 6. Oktober 2015, 33-40.
- Yepes, H. A., dan Amell, A. 2013. Laminar burning velocity with oxygen-enriched air of syngas produced from biomass gasification. *international journal of hydrogen energy* 38 (2013) 7519e7527.
- Zhen H.S , Leung C.W, Cheung C.S , Huang Z.H . 2014. *Characterization Of Biogas-Hydrogen Premixed flames Using Bunsen Burner*. *Journal Of Hydrogen Energy* 39 (2014) 13292 – 13299.

## LAMPIRAN

## Lampiran A. Data Hasil Percobaan

## 1. Data Hasil Pembakaran

Tabel A.1 Pengambilan data SL Ekuivalen Rasio ( $\phi$ ) 0,8

<b>Bahan bakar B0</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	16,731	12,599	114,821	25,045
<b>2</b>	16,794	11,91	114,821	23,696
<b>3</b>	17,368	11,844	114,821	23,567
<b>Bahan bakar B10</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	16,794	11,391	114,821	22,678
<b>2</b>	17,792	11,81	114,821	23,500
<b>3</b>	17,021	11,165	114,821	22,233
<b>Bahan bakar B20</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	17,945	11,251	114,821	22,402
<b>2</b>	18,545	10,787	114,821	21,490
<b>3</b>	17,675	11,449	114,821	22,791
<b>Bahan bakar B30</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	18,294	10,158	114,821	20,250
<b>2</b>	18,87	10,518	114,821	20,960
<b>3</b>	18,586	11,564	114,821	23,017
<b>Bahan bakar B100</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	19,86	10,376	114,821	20,680
<b>2</b>	18,963	10,072	114,821	20,081
<b>3</b>	19,021	10,154	114,821	20,242

Tabel A.2 Pengolahan data SL Ekuivalen Rasio ( $\phi$ ) 1

<b>Bahan bakar B0</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	18,116	10,328	91,925	16,481
<b>2</b>	18,106	11,145	91,925	17,768
<b>3</b>	16,567	11,879	91,925	18,922
<b>Bahan bakar B10</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	17,989	10,699	91,925	17,066
<b>2</b>	18,948	10,509	91,925	16,766
<b>3</b>	18,016	10,709	91,925	17,082
<b>Bahan bakar B20</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	18,764	9,776	91,925	15,609
<b>2</b>	17,945	10,532	91,925	16,802
<b>3</b>	18,587	9,982	91,925	15,934
<b>Bahan bakar B30</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	19,738	9,257	91,925	14,787
<b>2</b>	18,764	10,26	91,925	16,373
<b>3</b>	19,384	9,394	91,925	15,004
<b>Bahan bakar B100</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	21,334	8,574	91,925	13,705
<b>2</b>	21,506	9,574	91,925	15,289
<b>3</b>	19,991	9,677	91,925	15,452



Tabel A.3 Pengolahan data SL Ekuivalen Rasio ( $\phi$ ) 1,2

<b>Bahan bakar B0</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	18,328	11,17	74,754	14,481
<b>2</b>	18,164	11,26	74,754	14,597
<b>3</b>	17,948	11,552	74,754	14,970
<b>Bahan bakar B10</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	18,381	10,762	74,754	13,959
<b>2</b>	19,298	9,964	74,754	12,935
<b>3</b>	20,166	9,642	74,754	12,521
<b>Bahan bakar B20</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	19,279	9,902	74,754	12,855
<b>2</b>	20,011	9,859	74,754	12,800
<b>3</b>	19,077	10,081	74,754	13,085
<b>Bahan bakar B30</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	21,479	9,092	74,754	11,813
<b>2</b>	20,413	9,631	74,754	12,507
<b>3</b>	19,677	10,179	74,754	13,211
<b>Bahan bakar B100</b>				
<b>Pengujian</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	<b>Sudut °</b>	<b>Kec. Reaktan</b>	<b>Kec. Pembakaran SL (cm/s)</b>
<b>1</b>	21,379	8,982	74,754	11,671
<b>2</b>	20,713	9,531	74,754	12,378
<b>3</b>	21,811	9,182	74,754	11,929



**Perhitungan Ekivalen**

$$\begin{aligned} \text{Ekivalen } (\varphi) \ 0,8 &= \frac{AFR \text{ Stoik}}{AFR \text{ At}} \\ &= \frac{18,5}{0,8} \\ &= 23,125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ekivalen } (\varphi) \ 1 &= \frac{AFR \text{ Stoik}}{AFR \text{ At}} \\ &= \frac{18,5}{1} \\ &= 18,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ekivalen } (\varphi) \ 1,2 &= \frac{AFR \text{ Stoik}}{AFR \text{ At}} \\ &= \frac{18,5}{1,2} \\ &= 15,416 \end{aligned}$$

**Perhitungan Afr dengan Ekivalen 0,8**

Stokiometri Pembakaran Biodiesel

Stokiometri 1: 18,5

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

$$Q = \frac{2 \text{ ml}}{1 \text{ menit}} \text{ Bahan bakar}$$

Perbandingan dalam 1 menit

$$\begin{aligned} V &= 2 \text{ ml} & \rho \text{ BB} &= 858 \text{ kg/ m}^3 \\ &= 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 & \rho \text{ Udara} &= 1,2 \text{ g/ m}^3 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{m}{v} \rightarrow 858 \text{ kg/ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{0,002}$$

$$m = 0,002 \times 858$$

$$= 0,001716 \text{ Kg}$$

$$= 1,716 \text{ gram ( Dalam 1 menit)}$$

Biodiesel Minyak Randu  $\rightarrow$   $C_{17}H_{24}O_2$  MR = 270 g/mg

$$N_{BB} = \frac{m}{mr} = \frac{1,716 \text{ g}}{270 \text{ g/mol}}$$

$$= 0,00635 \text{ mol (dalam 1 menit)}$$

$$AFR = 1 : 23,125$$

$$= 0,00635 \times 0,14668$$

$$MR \text{ Udara} = 0,028 \text{ kg/mol}$$

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

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

$$0,14668 = \frac{m}{0,0028 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}$$

$$m = 0,14668 \times 0,028$$

$$m = 0,00410 \text{ kg/ mol}$$

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

$$v = \frac{0,00410 \text{ kg/mol}}{1,2}$$

$$V = 0,00341 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q = 3,41 \text{ Liter / menit ( Udara)}$$

### Perhitungan AFR dengan Ekuivalen 1

Stokiometri Pembakaran Biodiesel

Stokiometri 1: 18,5

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

$$Q = \frac{2 \text{ ml}}{1 \text{ menit}} \text{ Bahan bakar}$$

Perbandingan dalam 1 menit

$$V = 2 \text{ ml} \quad \rho_{\text{BB}} = 858 \text{ kg/m}^3$$

$$= 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \quad \rho_{\text{Udara}} = 1,2 \text{ g/m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{v} \rightarrow 858 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{0,002}$$

$$m = 0,002 \times 858$$

$$= 0,001716 \text{ Kg}$$

$$= 1,716 \text{ gram ( Dalam 1 menit)}$$

Biodiesel Minyak Randu  $\rightarrow$   $\text{C}_{17}\text{H}_{24}\text{O}_2$  MR = 270 g/mg

$$N_{\text{BB}} = \frac{m}{mr} = \frac{1,716 \text{ g}}{270 \text{ g/mol}}$$

$$= 0,00635 \text{ mol (dalam 1 menit)}$$

$$\text{AFR} = 1 : 18,5$$

$$= 0,11747 \times 0,00635$$

$$\text{MR Udara} = 0,028 \text{ kg/mol}$$

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

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

$$0,11747 = \frac{m}{0,0028 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}$$

$$m = 0,11747 \times 0,028$$

$$m = 0,00328 \text{ kg/mol}$$

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

$$v = \frac{0,00328 \text{ kg}}{1,2}$$

$$V = 0,00273 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q = 2,73 \text{ Liter / menit ( Udara)}$$

**Perhitungan AFR dengan Ekuivalen 1,2**

Stokimetri Pembakaran Biodiesel

Stokimetri 1: 15,4

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

$$Q = \frac{2 \text{ ml}}{1 \text{ menit}} \text{ Bahan bakar}$$

Perbandingan dalam 1 menit

$$\begin{aligned} V &= 2 \text{ ml} & \rho_{\text{BB}} &= 858 \text{ kg/ m}^3 \\ &= 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 & \rho_{\text{Udara}} &= 1,2 \text{ g/ m}^3 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{m}{v} \rightarrow 858 \text{ kg/ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{0,002}$$

$$m = 0,002 \times 858$$

$$= 0,001716 \text{ Kg}$$

$$= 1,716 \text{ gram ( Dalam 1 menit)}$$

Biodiesel Minyak Randu  $\rightarrow$   $\text{C}_{17}\text{H}_{24}\text{O}_2$  MR = 270 g/mg

$$N_{\text{BB}} = \frac{m}{mr} = \frac{1,716 \text{ g}}{270 \text{ g/mol}}$$

$$= 0,00635 \text{ mol (dalam 1 menit)}$$

$$\text{AFR} = 15,4 : 1$$

$$= 0,09779 \times 0,00635$$

$$\text{MR Udara} = 0,028 \text{ kg/mol}$$

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

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

$$0,09779 = \frac{m}{0,028 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}$$

$$m = 0,09779 \times 0,028$$

$$m = 0,002738 \text{ kg/ mol}$$

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

$$v = \frac{0,002738 \text{ kg}}{1,2}$$

$$V = 0,002281 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q = 2,22 \text{ Liter / menit ( Udara)}$$

**Untuk menghitung Kecepatan Pembakaran digunakan rumus :**

$$SL = V \sin \alpha$$

**Menghitung Kecepatan Reaktan**

$$V = \frac{Q \text{ fuel} + Q \text{ reaktan}}{A}$$

dengan :

v = Kecepatan reaktan

Q fuel = Debit bahan bakar

Q reak = Debit udar

A = Luas permukaan bunsen

**Ekivalen Rasio 0,8**

$$v = \frac{Q \text{ fuel} + Q \text{ reaktan}}{A}$$

$$v = \frac{2 \text{ ml/m} + 34100 \text{ ml/m}}{297 \text{ mm}}$$

$$v = \frac{34002 \text{ ml/m}}{297 \text{ mm}}$$

$$v = 114,821 \text{ ml/m}$$

**Ekivalen Rasio 1**

$$v = \frac{Q \text{ fuel} + Q \text{ reaktan}}{A}$$

$$v = \frac{2 \text{ ml/m} + 27300 \text{ ml/m}}{297 \text{ mm}}$$

$$v = \frac{27002 \text{ ml/m}}{297 \text{ mm}}$$

$$v = 91,925 \text{ ml/m}$$

**Ekivalen Rasio 1,2**

$$v = \frac{Q \text{ fuel} + Q \text{ reaktan}}{A}$$

$$v = \frac{2 \text{ ml/m} + 22200 \text{ ml/m}}{297 \text{ mm}}$$

$$v = \frac{22002 \text{ ml/m}}{297 \text{ mm}}$$

$$v = 74,754 \text{ ml/m}$$

**SL Ekivalen Rasio 0,8**

Bahan bakar B0

1.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 12,599^\circ$   
 $SL = 25,045 \text{ cm/detik}$
2.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 11,91^\circ$   
 $SL = 23,696 \text{ cm/detik}$
3.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 11,844^\circ$   
 $SL = 23,567 \text{ cm/detik}$

Bahan bakar B10

1.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 11,391^\circ$   
 $SL = 22,678 \text{ cm/detik}$
2.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 11,81^\circ$   
 $SL = 23,500 \text{ cm/detik}$
3.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 11,165^\circ$   
 $SL = 22,233 \text{ cm/detik}$



## Bahan bakar B20

1.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 11,251^\circ$   
 $SL = 22,402 \text{ cm/detik}$
2.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 10,787^\circ$   
 $SL = 21,490 \text{ cm/detik}$
3.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 11,449^\circ$   
 $SL = 22,791 \text{ cm/detik}$

## Bahan bakar B30

1.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 10,158^\circ$   
 $SL = 20,250 \text{ cm/detik}$
2.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 10,518^\circ$   
 $SL = 20,960 \text{ cm/detik}$
3.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 11,564^\circ$   
 $SL = 23,017 \text{ cm/detik}$

## Bahan bakar B100

1.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 10,376^\circ$   
 $SL = 20,680 \text{ cm/detik}$
2.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 10,072^\circ$   
 $SL = 20,081 \text{ cm/detik}$
3.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 114,821 \sin 10,154^\circ$   
 $SL = 20,242 \text{ cm/detik}$

**SL Ekuivalen Rasio 1**

Bahan bakar B0

1.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 91,925 \sin 10,328^\circ$   
 $SL = 16,481 \text{ cm/detik}$
2.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 91,925 \sin 11,145^\circ$   
 $SL = 17,768 \text{ cm/detik}$
3.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 91,925 \sin 11,879^\circ$   
 $SL = 18,922 \text{ cm/detik}$

Bahan bakar B10

1.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 91,925 \sin 10,699^\circ$   
 $SL = 17,066 \text{ cm/detik}$
2.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 91,925 \sin 10,509^\circ$   
 $SL = 16,766 \text{ cm/detik}$
3.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 91,925 \sin 10,709^\circ$   
 $SL = 17,082 \text{ cm/detik}$

Bahan bakar B20

1.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 91,925 \sin 9,776^\circ$   
 $SL = 15,609 \text{ cm/detik}$
2.  $SL = Vu \sin \alpha$   
 $SL = 91,925 \sin 10,532^\circ$   
 $SL = 16,802 \text{ cm/detik}$
3.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 91,925 \sin 9,982^\circ$$

$$SL = 15,934 \text{ cm/detik}$$

**Bahan bakar B30**

1.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 91,925 \sin 9,257^\circ$$

$$SL = 14,787 \text{ cm/detik}$$

2.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 91,925 \sin 10,26^\circ$$

$$SL = 16,373 \text{ cm/detik}$$

3.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 91,925 \sin 9,394^\circ$$

$$SL = 15,004 \text{ cm/detik}$$

**Bahan bakar B100**

1.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 91,925 \sin 8,574^\circ$$

$$SL = 13,705 \text{ cm/detik}$$

2.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 91,925 \sin 9,574^\circ$$

$$SL = 15,289 \text{ cm/detik}$$

3.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 91,925 \sin 9,677^\circ$$

$$SL = 15,452 \text{ cm/detik}$$

**SL Ekuivalen Rasio 1,2****Bahan bakar B0**

1.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 11,17^\circ$$

$$SL = 14,481 \text{ cm/detik}$$

2.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 11,26^\circ$$

$$SL = 14,597 \text{ cm/detik}$$

3.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 11,55^\circ$$

$$SL = 14,970 \text{ cm/detik}$$

#### Bahan bakar B10

1.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 10,762^\circ$$

$$SL = 13,959 \text{ cm/detik}$$

2.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 9,964^\circ$$

$$SL = 12,935 \text{ cm/detik}$$

3.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 9,642^\circ$$

$$SL = 12,521 \text{ cm/detik}$$

#### Bahan bakar B20

1.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 9,902^\circ$$

$$SL = 12,855 \text{ cm/detik}$$

2.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 9,859^\circ$$

$$SL = 12,800 \text{ cm/detik}$$

3.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 10,081^\circ$$

$$SL = 13,085 \text{ cm/detik}$$

#### Bahan bakar B30

1.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 9,092^\circ$$

$$SL = 11,813 \text{ cm/detik}$$

2.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 9,631^\circ$$

$$SL = 12,507 \text{ cm/detik}$$

3.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 10,179^\circ$$

$$SL = 13,211 \text{ cm/detik}$$

**Bahan bakar B100**

1.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 8,982^\circ$$

$$SL = 11,671 \text{ cm/detik}$$

2.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 9,531^\circ$$

$$SL = 12,378 \text{ cm/detik}$$

3.  $SL = Vu \sin \alpha$

$$SL = 74,754 \sin 9,182^\circ$$

$$SL = 11,929 \text{ cm/detik}$$

## Data Karakteristik Minyak 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 : Nofal Kharis  
NIM : 141910101052  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Universitas : Jember  
Tanggal Penerimaan : 09 Agustus 2018  
Tanggal Pengerjaan : 09 Agustus 2018  
Analisa / Uji : Nilai kalor, Massa jenis, Viskositas dan Flash Point  
Nama Bahan : Biodiesel Biji Kapuk

No	Metode Uji	Nilai
1	Nilai Kalor ( kalori / gram )	8641.473
2	Massa Jenis ( gr / ml ) ( 15 °C )	0.873
3	Viscositas ( cst ) ( 40 °C )	6.815
4	Flash Point ( °C )	115

Malang , 09 Agustus 2018

Teknisi Laboratorium Motor Bakar

Eko Slamet mujiyanto

NIK. 200609 810228 1 001





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 : Nofal Kharis  
NIM : 141910101052  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Universitas : Jember  
Tanggal Penerimaan : 10 September 2018  
Tanggal Pengerjaan : 10 September 2018  
Analisa / Uji : Nilai kalor  
Nama Bahan : Biodiesel Biji Kapuk dan Biosolar

No	Kode Bahan	Nilai Kalor ( kalori / gram )
1	B 0	10602.221
2	B 10	10474.404
3	B 20	10206.482
4	B 30	10124.084
5	B 100	8641.473

Malang 10 September 2018

Teknisi Laboratorium Motor Bakar

Eko Slamet mujiyanto

NIK. 200609 810228 1 001

**LAMPIRAN B. GAMBAR DAN ALAT PENELITIAN**



Gambar B.1 Biji kapuk sebelum dipress



Gambar B2. Alat Press



Gambar B.3 Biji Sesudah dipress



Gambar B.4 Minyak Randu



Gambar B.5 Proses Stirer



Gambar B.5 Endapan Degumming

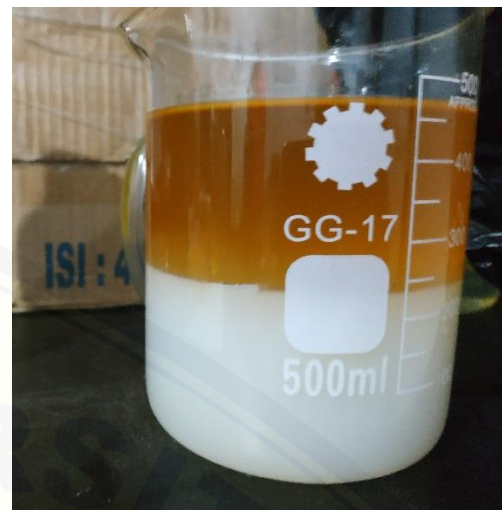


Gambar B.6 Hasil Esterifikasi





Gambar B.7 Hasil Transesterifikasi



Gambar B.8 Proses Pencucian



Gambar B.9 Bahan Bakar



Gambar B.10 Pengujian Flash Point



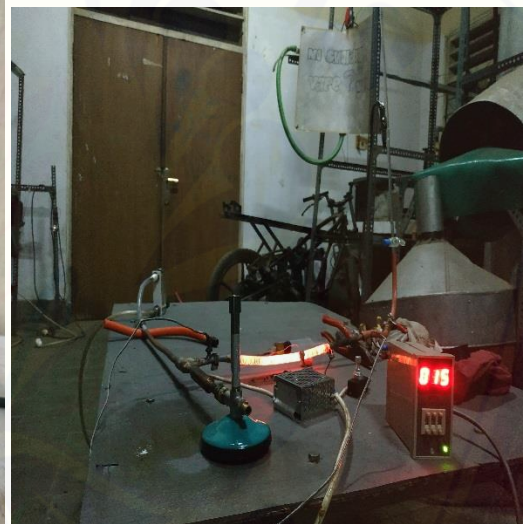
Gambar B.11 Pengujian Kalor



Gambar B.12 Pengujian viskositas



Gambar B.14 Pengujian Densitas



Gambar B.15 Alat Pembakaran