



**KARAKTERISTIK API PEMBAKARAN *PREMIXED* BIODIESEL
NYAMPLUNG DENGAN ETANOL DAN PEMBERIAN INDUKSI
MEDAN MAGNET**

TESIS

Oleh:

**Deny Tomy Andrianto
NIM 201920101006**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2023**



**KARAKTERISTIK API PEMBAKARAN *PREMIXED* BIODIESEL
NYAMPLUNG DENGAN ETANOL DAN PEMBERIAN INDUKSI
MEDAN MAGNET**

TESIS

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S2)
dan mencapai gelar Magister Teknik

Oleh:

Deny Tomy Andrianto
NIM 201920101006

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2023**

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Allah SWT, shalawat dan salam selalu tercurah kepangkuan baginda Nabi Muhammad saw. Tesis ini saya persembahkan untuk:

1. Mbah Tuginem (Almarhum) dan Mbah Samprun yang selalu saya sayangi;
2. Ibu Sri Rahayu dan Bapak Bastomi tercinta yang selalu tiada henti dan tiada lelah mendoakan, mendidik dan menasehati,
3. Serta adikku Putri Alvina Damayanti yang telah memberikan do'a dan motivasi kepada saya;
4. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi yang saya hormati, yang telah menyalurkan ilmu, mendidik, membimbing dengan penuh kesabaran;
5. Mas Imam Rudi Sugara S.T., partner satu tim dan satu angkatan dalam penelitian menempuh (Setrata 2);
6. Almamater Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember serta teman-teman alumni dan civitas akademika yang telah memberikan kontribusi, fasilitas, ide inspiratif dan kritikan.

MOTTO

“Setiap kebaikan pasti akan dibalas dengan kebaikan pula.

(Ar Rohman-60)”

“Tak semua yang dapat dihitung diperhitungkan dan tak semua yang diperhitungkan dapat dihitung.” (Albert Einstein)

“ Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Al-Baqarah: 286)

“ Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kau dustakan?”

(QS. Ar-Rahman)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Deny Tomy Andrianto

NIM : 201920101006

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang berjudul: “Karakteristik Api Pembakaran *Premixed* Biodiesel Nyamplung Dengan Etanol Dan Pemberian Induksi Medan Magnet” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta 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 adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 Januari 2023

Yang menyatakan,

Deny Tomy Andrianto
NIM. 201920101006

TESIS

**KARAKTERISTIK API PEMBAKARAN *PREMIXED* BIODIESEL
NYAMPLUNG DENGAN ETANOL DAN PEMBERIAN INDUKSI
MEDAN MAGNET**

Oleh:

Deny Tomy Andrianto

NIM: 201920101006

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama: Dr. Muh. Nurkoyim Kustanto S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota: Dr. Yuni Hermawan S.T., M.T.

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tesis berjudul “KARAKTERISTIK API PEMBAKARAN *PREMIXED* BIODIESEL NYAMPLUNG DENGAN ETANOL DAN PEMBERIAN INDUKSI MEDAN MAGNET”

telah disetujui dan disahkan pada :

hari , tanggal : Kamis, 26 Januari 2023

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Muh.Nurkoyim Kustanto S.T., M.T.
NIP.19691122199702 1 001

Dr. Yuni Hermawan S.T., M.T.
NIP.19750615200212 1 008

PENGESAHAN

Tesis berjudul “KARAKTERISTIK API PEMBAKARAN *PREMIXED* BIODIESEL NYAMPLUNG DENGAN ETANOL DAN PEMBERIAN INDUKSI MEDAN MAGNET”

telah disetujui dan disahkan pada :

hari, tanggal : Kamis, 26 Januari 2023

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Dr. Muh.Nurkoyim Kustanto S.T., M.T.
NIP.19691122199702 1 001

Dr. Yuni Hermawan S.T., M.T.
NIP.19750615200212 1 008

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T.
NIP. 19711114199903 1 002

Dr. Ir. Salahuddin Junus S.T., M.T., IPM
NIP. 19751006200212 1 002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP. 19700826199702 1 001

RINGKASAN

Karakteristik Api Pembakaran *Premixed Biodiesel Nyamplung Dengan Etanol Dan Pemberian Induksi Medan Magnet*; Deny Tomy Andrianto, 201920101006: 48 Halaman; Program Studi Strata Dua Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Biodiesel merupakan salah satu keterbaharuan energi yang dapat membantu mengurangi penggunaan BBM yang terus menerus digunakan terutama pada pabrik-pabrik besar. Biodiesel merupakan bahan bakar yang berasal dari lemak tumbuh-tumbuhan atau hewan, sedangkan *ethanol* (C_2H_5OH) adalah jenis alkohol yang dapat meningkatkan karakteristik biodiesel. Penelitian ini berfokus pada karakteristik api pada bahan bakar biodiesel nyamplung dengan campuran *ethanol* dan penambahan induksi medan magnet dengan variasi komposisi bahan bakar dan *ekivalent ratio* (ϕ). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan induksi medan magnet serta *ethanol* terhadap laju pembakaran laminar dan tinggi api. Komposisi penambahan *ethanol* dan juga induksi medan magnet pada biodiesel nyamplung yang digunakan pada saat riset adalah sebagai berikut : B100% biodiesel, E10% Biodiesel, E20% biodiesel, E30% biodiesel, E100% *ethanol* dengan ekivalent ratio (ϕ) 0,6, 0,8, 1, 1,2, dan 1,4.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember untuk membuat biodiesel dan pengujian karakteristik pembakaran. Uji Kromatografi dilakukan di Laboratorium Biosains Politeknik Negeri Jember.

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan menghasilkan data yang menunjukkan nilai tertinggi pada laju pembakaran laminar (SL) dengan penambahan induksi medan magnet dapat diamati bahwa laju pembakaran laminar dengan penambahan medan magnet pada $\phi = 0,6$ menghasilkan laju pembakaran laminar tertinggi dibandingkan dengan laju pembakaran laminar pada (ϕ) lainnya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan bahan bakar biodiesel murni dan etanol tanpa tambahan, dengan biodiesel yang ditambahkan dengan etanol pada komposisi yang

telah ditentukan. Dengan komposisi bahan bakar E30% biodiesel menghasilkan laju pembakaran laminar tertinggi jika dibandingkan dengan komposisi bahan bakar B100%, E20%, E10%, E100% pada $\phi = 0,6$ dengan magnet. Laju pembakaran laminar pada E20% hampir mendekati komposisi campuran E30%. Nilai laju pembakaran laminar pada komposisi E20% dengan penambahan magnet sebesar 83,978 cm/s sedangkan pada E30% dengan penambahan magnet sebesar 98,809 cm/s.

Dari pengamatan yang telah dilakukan dengan pencampuran etanol pada biodiesel nyamplung serta penambahan medan magnet pada nyala api *premixed* mempengaruhi laju pembakaran laminar. Pencampuran biodiesel dengan etanol serta penambahan induksi medan magnet menyebabkan peningkatan nilai laju pembakaran laminar. Dapat diamati bahwa semakin bertambah komposisi etanol pada biodiesel nyamplung serta penambahan medan magnet menyebabkan terjadi peningkatan laju pembakaran laminar. Hal ini dikarenakan induksi medan magnet mengikat O_2 pada saat pembakaran. Nilai laju pembakaran pada $\phi = 1,4$ lebih rendah jika dibandingkan dengan laju pembakaran pada $\phi = 0,6$, $\phi = 0,8$, $\phi = 0,1$ dan $\phi = 1,2$. Dikarenakan laju pembakaran pada $\phi = 1,4$ memiliki komposisi kaya bahan bakar.

SUMMARY

Characteristics of Nyamplung Premixed Biodiesel Combustion with Ethanol and Magnetic Field Induction; Deny Tomy Andrianto, 201920101006: 48 Pages; Mechanical Engineering Undergraduate Study Program, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Biodiesel is a renewable energy that can help reduce the use of fuel which is continuously used, especially in large factories. Biodiesel is a fuel derived from plant or animal fats, while ethanol (C₂H₅OH) is a type of alcohol that can improve the characteristics of biodiesel. This study focuses on the flame characteristics of nyamplung biodiesel fuel with ethanol mixture and the addition of magnetic field induction with variations in fuel composition and equivalent ratio (ϕ). The purpose of this study was to determine the effect of the addition of magnetic field induction and ethanol on the laminar burning rate and flame height. The composition of the addition of ethanol and magnetic field induction in the nyamplung biodiesel used during the research was as follows: B100% biodiesel, E10% Biodiesel, E20% biodiesel, E30% biodiesel, E100% ethanol with an equivalent ratio (ϕ) 0.6, 0.8, 1, 1.2, and 1.4.

This research was conducted at the Energy Conversion Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember to make biodiesel and test combustion characteristics. Chromatography test was carried out at the Jember State Polytechnic Bioscience Laboratory. From the results of the research that has been done to produce data showing the highest value for the laminar combustion rate (SL) with the addition of magnetic field induction, it can be observed that the laminar combustion rate with the addition of a magnetic field at $\phi = 0.6$ produces the highest laminar combustion rate compared to the laminar combustion rate on the other (ϕ). Tests were carried out by comparing pure biodiesel fuel and ethanol without additives, with biodiesel added with ethanol at a predetermined composition. With a fuel composition of E30% biodiesel produces the highest laminar

combustion rate when compared with fuel compositions B100%, E20%, E10%, E100% at $\varphi = 0.6$ with a magnet. The laminar combustion rate at E20% is close to that of the E30% mixture. The value of the laminar burning rate on the E20% composition with the addition of a magnet is 83.978 cm/s while at E30% with the addition of a magnet is 98.809 cm/s.

From the observations that have been made by mixing ethanol in nyamplung biodiesel and the addition of a magnetic field to the premixed flame affects the rate of laminar combustion. Mixing biodiesel with ethanol and adding magnetic field induction causes an increase in the value of the laminar combustion rate. It can be observed that the increasing ethanol composition of nyamplung biodiesel and the addition of a magnetic field causes an increase in the laminar combustion rate. This is because the magnetic field induction binds O₂ during combustion. The combustion rate at $\varphi = 1.4$ is lower than the combustion rate at $\varphi = 0.6$, $\varphi = 0.8$, $\varphi = 0.1$ and $\varphi = 1.2$. Due to the combustion rate at $\varphi = 1.4$ it has a rich fuel composition.

PRAKATA

Alhamdulillah, Pujijsyukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Shalawat serta salam yang selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW karena beliau lah panutan seluruh umat di dunia maupun akhirat.

Tesis ini berjudul “Karakteristik Api Pembakaran *Premixed* Biodiesel Nyamplung Dengan Etanol Dan Pemberian Induksi Medan Magnet”. Penyusunan tesis ini digunakan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Dua (S2) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan arahan kepada penulis selama penyusunan laporan tesis ini, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Ir. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T., selaku ketua program studi magister teknik mesin Universitas Jember, sekaligus Dosen Penguji Utama ;
3. Bapak Dr. Muh. Nurkoyim, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, dan Bapak Dr. Yuni Hermawan S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan tesis ini;
4. Bapak Dr. Ir. Salahuddin Junus S.T., M.T, IPM. Selaku Dosen Penguji Anggota;
5. Rekan mahasiswa pascasarjana program studi teknik mesin Universitas Jember khususnya angkatan tahun 2020 yang telah memberikan dorongan dan doanya demi terselesaikannya tesis ini;
6. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, 26 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

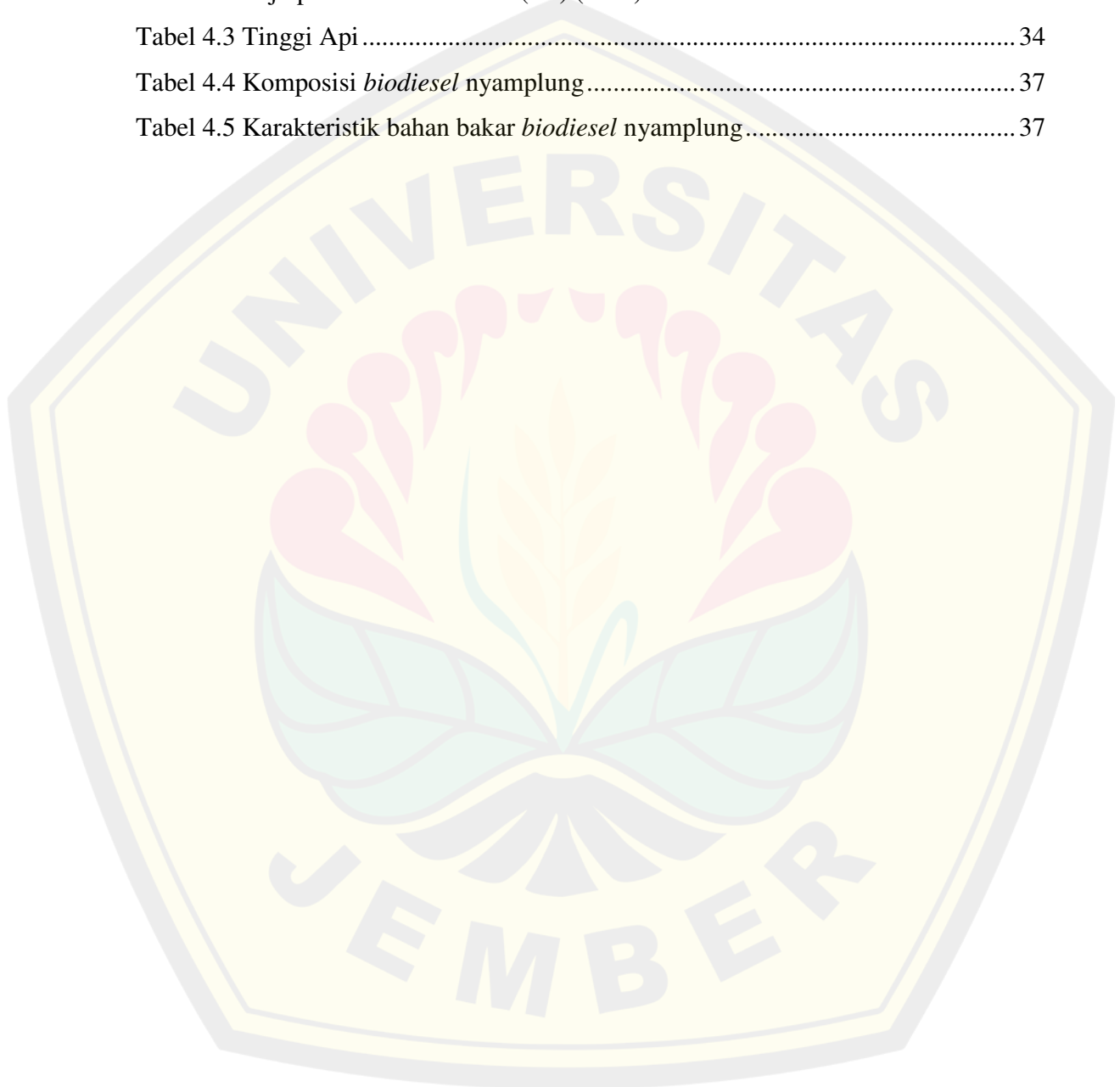
	Halaman
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PERSETUJUAN PEMBIMBING	vii
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	xi
PRAKATA	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bahan Bakar	5
2.1.1 Air Fuel Ratio (AFR).....	5
2.1.2 Ekvivalen Ratio (ϕ)	6
2.2 Tanaman Nyamplung (<i>Calophyllum Inophyllum</i>)	7
2.2.1 Biodiesel Nyamplung (<i>calophyllum inophyllum</i>)	8

2.2.2 Sifat Fisiko kimia <i>Calophyllum inophyllum methyl ester</i> (CIME) & Reaksi Transesterifikasi Minyak Nyamplung.....	9
2.3 Karakteristik Pembakaran	10
2.3.1 Laju Pembakaran Laminer.....	11
2.3.2 Sudut api.....	12
2.3.3 Tinggi api.....	12
2.3.4 <i>Premixed</i>	13
2.3.5 Api Difusi	14
2.4 Metode Pengujian <i>Bunsen Burner</i>	15
2.5 Induksi Medan Magnet	15
2.6 Penelitian terdahulu.....	16
2.7 Skema magnet	17
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Metode Penelitian.....	18
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.2.1 Tempat Penelitian	18
3.2.2 Waktu Penelitian.....	18
3.3 Skema alat uji.....	19
3.3.1 Alat uji kecepatan pembakaran laminar dan ketinggian nyala api.	19
3.4 Bahan Penelitian dan Alat Penelitian.....	21
3.5 Variabel Penelitian.....	23
3.6 Proses Pengambilan/ Pengujian Data.....	23
3.7 Pengolahan Data	25
3.8 Analisa Data.....	25
3.9 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.9.1 Pembuatan Biodiesel Nyamplung (Tahap 1).....	25
3.9.2 Pencampuran Bahan Bakar (Tahap 2).....	27

3.9.3 Pengujian karakteristik nyalla api (Tahap 3)	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil penelitian	29
4.1.1 Laju Pembakaran Laminer.....	29
4.1.2 Tinggi Api.....	34
4.1.3 Hasil uji karakteristik bahan bakar	36
4.2 Pembahasan	38
4.2.1 Laju Pembakaran Laminer.....	38
4.2.2 Tinggi Api.....	41
BAB 5. PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian	18
Tabel 3.2 <i>Percentage ethanol and biodiesel calophyllum Inophyllum</i>	23
Tabel 4.1 Debit bahan bakar (ml/jam) dijadikan (ml/menit)	30
Tabel 4.2 Laju pembakaran laminar (SL) (cm/s)	30
Tabel 4.3 Tinggi Api	34
Tabel 4.4 Komposisi <i>biodiesel</i> nyamplung	37
Tabel 4.5 Karakteristik bahan bakar <i>biodiesel</i> nyamplung	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Stabilitas dan bentuk nyala api.....	7
Gambar 2.2 Reaksi transesterifikasi Minyak Nyamplung	10
Gambar 2.3 Pola api <i>bunsen burner</i>	12
Gambar 2.4 Nyala api <i>premixed</i>	13
Gambar 2.5 Aliran nyala api <i>premixed</i>	14
Gambar 2.6 <i>Bunsen burner</i>	15
Gambar 2.7 Skema magnet	17
Gambar 3.1 Skema alat uji	19
Gambar 3.2 <i>Thermocouple</i>	20
Gambar 3.3 <i>Syringe pump</i>	21
Gambar 3.4 Diagram alir tahap 1 pembuatan <i>biodiesel</i> nyamplung.....	26
Gambar 3.5 Diagram alir tahap 2 pencampuran bahan bakar	27
Gambar 3.6 Diagram alir tahap 3 pengujian karakteristik nyala api dengan induksi medan magnet dan tanpa induksi medan magnet.....	28
Gambar 4.1 Nyala api $\phi = 0,6$ Non Magnet dan Magnet.....	31
Gambar 4.2 Nyala api $\phi = 0,8$ Non Magnet dan Magnet.....	31
Gambar 4.3 Nyala api $\phi = 1$ Non Magnet dan Magnet.....	32
Gambar 4.4 Nyala api $\phi = 1,2$ Non Magnet dan Magnet.....	33
Gambar 4.5 Nyala api $\phi = 1,4$ Non Magnet dan Magnet.....	33
Gambar 4.6 GC-MS (gas chromatography-mass spectroscopy) biodiesel nyamplung	37
Gambar 4.7 Kecepatan pembakaran laminar minyak kelapa versus rasio ekivalensi pada berbagai orientasi medan magnet dan tanpa medan magnet.	39
Gambar 4.8 Grafik laju pembakaran laminar.....	40
Gambar 4.9 Grafik tinggi api	41

DAFTAR ISTILAH

Biodiesel nyamplung (*calophyllum inophyllum*)

E100% adalah komposisi bahan bakar 100% etanol.

B100% adalah komposisi bahan bakar 100% biodiesel.

E10% adalah komposisi bahan bakar etanol 10% dan 90% biodiesel.

E20% adalah komposisi bahan bakar etanol 20% dan 80% biodiesel.

E30% adalah komposisi bahan bakar etanol 30% dan 70% biodiesel.

M Magnet

NM Non Magnet

(Φ) *Air Fuel Ratio*

GC-MS Gas Chromatography-Mass Spectroscopy



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk mengantisipasi semakin berkurangnya minyak bumi, pemerintah saat ini mulai mengembangkan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM yang semakin hari kian menipis keberadaannya. Biodiesel secara umum didefinisikan sebagai ester monoalkil dari minyak tanaman dan lemak hewan sehingga termasuk sumber daya alam yang dapat diperbaharui secara terus menerus (Musta et al., 2017). Berbagai macam minyak nabati telah banyak diteliti untuk menghasilkan biodiesel. Pembuatan biodiesel sebaiknya menggunakan bahan minyak nabati non pangan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel, seperti biji nyamplung.

Minyak biji nyamplung merupakan sumber daya energi terbarukan yang cukup potensial sebagai bahan dasar biodiesel tanpa harus bersaing dengan kebutuhan pangan (Prihanto & Rahayu, 2015). Dengan mengacu pada produksi tanaman nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) yang cukup banyak tumbuh di wilayah Asia terutama di Indonesia, maka ketersediaan bahan untuk bahan bakar alternatif berbahan dasar nyamplung bisa menjadi salah satu opsi bahan bakar nabati non-pangan. Sehingga penguapan minyak tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar, baik pembakaran secara difusi maupun *premixed*.

Proses terjadinya pembakaran dalam memanfaatkan energi kimiawi bahan bakar yang digunakan untuk memenuhi semua kebutuhan energi manusia. Salah satu jenis pembakaran yang sering digunakan dalam lingkup industri adalah pembakaran *premixed*. Pembakaran *premixed* terjadi secara sempurna di dalam burner sebelum dialirkan ke mulut burner dan mulai dibakar (Aristyanto, 2020). Bahan bakar dan pengoksidasi bercampur secara sempurna dan kemudian terbakar di zona reaksi. Api pembakaran *premixed* merambat tegak lurus menuju arah reaktan dan berbentuk lembar datar tipis. Bahan bakar yang belum terbakar habis dan bercampur dengan udara sekitar (difusi) menyebabkan terbentuknya api berbentuk kerucut di bagian luar. Semakin tinggi tingkat kesetabilan api *premixed* maka temperatur pembakaran juga

semakin tinggi. Sehingga berbanding lurus ketika udara dan bahan bakar bertemu menjadi satu yang menyebabkan meningkatnya temperatur nyala api dan menghasilkan pembakaran yang sempurna. Perbandingan udara dan bahan bakar (*air fuel ratio* atau AFR) menentukan kestabilan nyala api. Karakteristik pembakaran biasanya diukur dari warna api, temperatur, sudut nyala api, dan kestabilan nyala api. Karakteristik tersebut menjadi objek penelitian selama bertahun-tahun.

Salah satu upaya untuk meningkatkan karakteristik pembakaran adalah dengan menambahkan induksi medan magnet. Penambahan medan magnet N-N ini terbukti meningkatkan nyala api pada pembakaran *premixed* minyak nabati dalam silinder dengan 2 tiang magnet, nyala api berinteraksi dengan medan elektro magnetik melalui ion dan elektron dalam bahan bakar. Sejauh ini, studi telah dilakukan untuk mengamati nyala api bahan bakar konvensional dari gas seperti metana dan beberapa dari bahan bakar cair seperti *methanol*. Bentuk api dan arah aliran dari produk pembakaran dan oksigen berubah karena arah dari gaya magnet. Karena itu, nyala api dapat dikontrol dengan penerapan medan magnet, yang dapat juga meningkatkan karakteristik pembakaran (Soebiyakto et al., 2020). Induksi medan magnet dihasilkan oleh kumparan/lilitan yang dihubungkan sumber arus (DC). Besaran induksi medan magnet dipengaruhi oleh diameter kawat lilitan, jumlah lilitan, besar arus listrik. Penelitian dengan mengkaji lebih jauh tentang nyala api pembakaran akibat induksi medan magnet dengan bahan bakar biodiesel minyak nyamplung dengan harapan mendapatkan kenaikan tingkat temperatur dari pembentukan nyala api *premixed* akibat induksi medan magnet dengan pencampuran bahan bakar minyak nabati dan etanol, mendapatkan karakteristik induksi medan magnet serta membuktikan bahwa profil api terpengaruh oleh induksi medan magnet.

Upaya meningkatkan karakteristik pembakaran dapat dilakukan dengan pencampuran bahan bakar sebelum masuk ke ruang bakar (*premixed*). Sejauh ini belum ada publikasi penelitian yang memadukan *premixed* nyamplung dan etanol serta dipadu dengan induksi medan magnet buatan.

Pada penelitian ini akan diamati profil warna nyala api dari komposisi AFR (*Air Fuel Ratio*) mendekati *stoichiometry* dari bahan bakar minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum*). Diharapkan pada penelitian ini dapat diketahui seberapa besar induksi medan magnet berpengaruh terhadap warna nyala api yang dapat diamati dengan menggunakan metode visualisasi nyala api *premixed* (Soebiyakto et al., 2016).

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa permasalahan pada rancangan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh komposisi biodiesel nyamplung dan etanol terhadap karakteristik pembakaran *premixed*?
- b. Bagaimana pengaruh pemberian induksi medan magnet terhadap karakteristik pembakaran *premixed* biodiesel nyamplung dan etanol ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk:

- a. Mengetahui pengaruh komposisi biodiesel nyamplung dan etanol terhadap karakteristik nyala api pembakaran *premixed* pada laju pembakaran laminer pada komposisi campuran bahan bakar E100% etanol, B100% biodiesel, E10% biodiesel, E20% biodiesel, E30% biodiesel.
- b. Mengetahui pengaruh pemberian induksi medan magnet terhadap karakteristik nyala api pembakaran *premixed* nyamplung dan etanol pada komposisi campuran bahan bakar E100% etanol, B100% biodiesel, E10% biodiesel, E20% biodiesel, E30% biodiesel.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini yaitu:

- a. Dapat mengetahui pengaruh penambahan bahan bakar etanol dan induksi medan magnet pada *ekivalent ratio*: (0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4) terhadap nilai kalor pembakaran, dan *flash point* biodiesel nyamplung.
- b. Dapat mengetahui pengaruh penambahan etanol dan induksi medan magnet pada *ekivalent ratio*: (0,6, 0,8, 1, 1,2, 1,4) terhadap kecepatan api *premixed biodiesel* nyamplung.
- c. Dapat mengetahui pengaruh induksi medan magnet terhadap *ekuivalent ratio* : (0,6, 0,8, 1, 1,2, 1,4) terhadap kecepatan api *premixed biodiesel* nyamplung yang telah ditambahkan dengan etanol.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Suhu ruangan pada saat pengujian 25-30 °C
- b. Kecepatan angin saat pengujian diabaikan

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Bakar

Bahan bakar dapat dirubah dalam bentuk energi yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Bahan bakar bereaksi dengan udara sehingga menghasilkan produk. Bahan bakar dibagi menjadi dua bagian yaitu bahan bakar fosil dan bahan bakar nabati. Bahan bakar fosil merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbarui seperti minyak diesel, LPG, bensin, batu bara, dll. Bahan bakar nabati merupakan bahan bakar yang dapat diperbarui seperti biogas, briket, biodiesel, dll. Berdasarkan fase bahan bakar diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu padat, gas, dan cair. Bahan bakar menjadi komponen yang sangat penting dalam proses pembakaran. Proses pembakaran sendiri terbagi dari tiga komponen yaitu oksidator, bahan bakar dan panas.

Karbon (C) dan hidrogen (H) merupakan susunan senyawa kimia bahan bakar. Senyawa yang tersusun pada bahan bakar direaksikan dengan oksigen pada tekanan dan suhu tertentu sehingga menghasilkan gas dan energi panas. Bahan bakar menghasilkan panas dan cahaya. Pada umumnya bahan bakar mengandung energi panas yang bisa dilepaskan (Prasetiyo et al., 2019).

2.1.1 Air Fuel Ratio (AFR)

AFR adalah perbandingan antara bahan bakar dengan udara. Bahan bakar dan udara dapat dibandingkan antara volume atau berat. AFR terbagi menjadi tiga komposisi yaitu komposisi miskin bahan bakar, komposisi *stokiometri* dan komposisi kaya bahan bakar. AFR kaya adalah komposisi perbandingan bahan bakar jumlahnya lebih dominan dibanding dengan udara. Komposisi AFR *stokiometri* merupakan komposisi bahan bakar dan udara seimbang sedangkan AFR miskin adalah komposisi bahan bakar lebih sedikit dan lebih banyak dominan udara. Perbedaan pada AFR dapat mempengaruhi reaksi pada pembakaran. Persamaan perhitungan bahan bakar dapat dilihat pada Persamaan:

$$AFR = \left(\frac{\text{massa bahan bakar}}{\text{massa udara}} + \frac{\text{volume bahan bakar}}{\text{volume udara}} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

AFR : *Air Fuel Ratio* (ϕ)

Massa bahan bakar : massa bahan bakar (Kg/m^3)

Massa udara : massa udara (Kg/m^3)

Vbahan bakar : Volume bahan bakar (m^3)

Vudara : Volume udara (m^3)

2.1.2 Ekvivalen Ratio (ϕ)

Ekivalen ratio merupakan metode yang sering digunakan dalam melakukan pengujian bahan bakar. Ekvivalen ratio merupakan perbandingan antara *air fuel ratio* (AFR) stokiometri dengan (AFR) actual. Perbandingan AFR dibagi menjadi tiga bagian yaitu $\phi < 1$ merupakan perbandingan yang lebih banyak udara, $\phi = 1$ merupakan perbandingan stokiometri, $\phi > 1$ merupakan perbandingan yang lebih banyak bahan bakar. Persamaan *ekivalen ratio* (ϕ) dapat dilihat pada Persamaan:

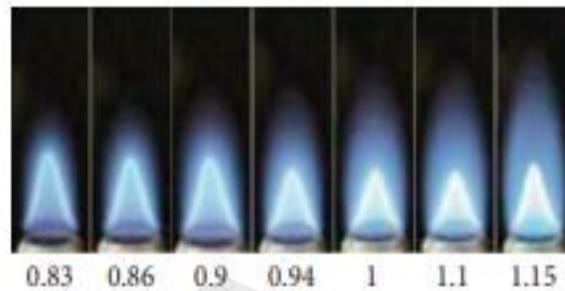
$$\phi = \frac{\left(\frac{Q_{fuel}}{Q_{air}} \right)_{actual}}{\left(\frac{Q_{fuel}}{Q_{air}} \right)_{stoic}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

AFR_{sto} : *Air Fuel Ratio* stokiometri (ϕ)

AFR_{akt} : *Air Fuel Ratio* actual (ϕ)

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 menunjukkan tipe nyala api yang berbeda. Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbandingan AFR yang berbeda.



Gambar 2.1 Stabilitas dan bentuk nyala api (D. Perdana, 2020)

2.2 Tanaman Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*)

C. inophyllum adalah *genus* pohon cemara yang biasa ditemukan di sepanjang wilayah pesisir Afrika bagian timur, Madagaskar, Papua Nugini, India, Australia Utara, dan Amerika di sepanjang pantai timur dan barat Semenanjung, pulau-pulau di Samudra Pasifik, Melanesia dan Polinesia, dan daerah tropis Asia, terutama di kawasan Indonesia - Malaysia. Ketinggian pohon *C.inophyllum* dewasa biasanya sekitar 18 m. Ini memiliki penyebaran yang luas cabang dan daun lebat di bagian atas, Ketika dipotong dan dilukai, belalainya memperlihatkan kayu keras berwarna coklat kemerahan yang selalu memancarkan resin bening. Hal ini umumnya terlihat tanpa banir dan memiliki batang miring atau miring dengan diameter maksimum 150 cm. bagian luar kulit kayu terlihat retak-retak secara dangkal dan vertikal dengan warna abu-abu pucat dan coklat kekuningan. Merah muda ke kulit kayu bagian dalam berserat, lembut dan tebal. Ranting bersudut 4 dan membulat dan kuncup dengan panjang 4-9 mm. Itu daun *C.inophyllum* biasanya panjangnya 3-8 inci dan memiliki ujung yang tumpul. Mereka besar daun mengkilat dan kaku. Daun disusun secara berlawanan dan memiliki *venasi* paralel dari pelepah kuning-hijau menonjol ke tepi daun. Bunganya berwarna putih dan berlilin dan biasanya memiliki 4-8 kelopak. Mereka juga memiliki benang sari berwarna kuning keemasan, yang memiliki bau yang menyenangkan dan berukuran kecil (lebar sekitar 1 inci). Bunganya ditemukan tergantung dari tangkai panjang karena putik merah muda tumbuh dalam

kelompok selusin. Latar belakang hijau tua diberikan oleh daun membuat bunga-bunga kecil berkilau seperti bintang saat mulai terbuka lebih awal pagi hari (sekitar jam 3 – 4 pagi) dan terbuka lebar saat matahari terbit. Berbagai serangga penyerbuk tertarik pada mereka karena aromanya yang menyenangkan. Biasanya panjang buah 2 inci. Banyak ditemukan di daerah curah hujan tahunan rata-rata berada pada kisaran 1000-5000 dan juga ditemukan di tanah serta pegunungan kurang dari 200 m (Musta et al., 2017).

Minyak *C. inophyllum* terdiri dari asam lemak bebas, gliserida, sterol, terpenoid, steroid, *calophyllolids*, *inophyllolids* dan asam *calophyllic*. Minyak nyamplung memiliki sifat hampir setara dengan diesel minyak bumi dan memenuhi berbagai parameter pembakaran mesin seperti pelepasan panas, penundaan pengapian, tekanan puncak dan waktu terjadinya tekanan puncak (Arumugam & Ponnusami, 2018).

2.2.1 Biodiesel Nyamplung (*calophyllum inophyllum*)

Salah satu jenis tanaman yang dapat dikembangkan untuk biodiesel di Indonesia adalah pohon nyamplung (*calophyllum inophyllum*). Kandungan minyak biji *C. inophyllum* berkisar antara 40 - 75% (basis berat kering) lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan minyak biji jarak (40-60%) dan kandungan minyak biji karet. Produktivitas benih *C. inophyllum* juga tinggi. Bisa mencapai 20 ton benih/hektar, lebih tinggi dari benih karet produktivitas (2 ton benih/hektar) dan produktivitas benih jarak pagar (5ton benih/hektar). Selain itu, *C. inophyllum* merupakan tanaman yang tidak dapat dimakan, sehingga pemanfaatannya sebagai bahan baku biodiesel tidak akan mengganggu penyediaan makanan (Fadhlullah et al., 2015).

Tanaman nyamplung memiliki biji yang berpotensi menghasilkan minyak nyamplung, terutama biji yang sudah tua. Kandungan oli mencapai 50% hingga 70% (diperoleh secara mekanis, dengan proses pengepresan) (Jakfar & Sudarmanta, 2014). Proses pembuatan minyak nyamplung yang membutuhkan katalis adalah proses transesterifikasi yang mengubah ester minyak nabati menjadi metil ester asam lemak

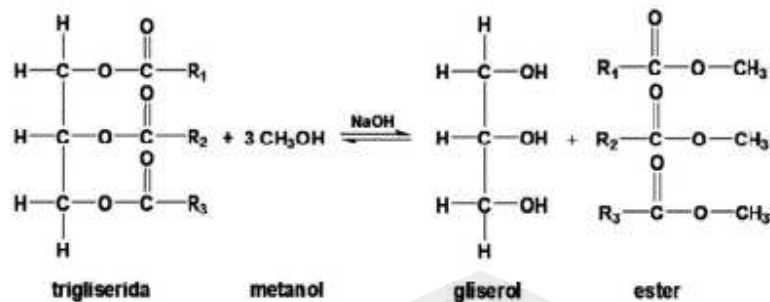
bebas (*biodiesel*) (Juwono et al., 2017). Konsep penggunaan biofuel pada mesin diesel tidaklah radikal. Sebuah ide baru, seorang penemu bernama *Rudolph Diesel* mendemonstrasikan pengembangan pertamanya dari mesin *diesel* pengapian kompresi (CI) yang menggunakan minyak kacang sebagai bahan bakar pada Pameran Dunia di Paris pada tahun 1900 (Ong et al., 2011). Apa yang *Rudolph Diesel* tidak hanya menawarkan keuntungan dalam hal emisi gas buang, tetapi juga mengurangi ketergantungan dunia pada impor minyak bumi, didukung oleh industri pertanian lokal dan peningkatan pendapatan pertanian (Rakopoulos et al., 2014). Studi tentang produksi *Calophyllum Inophyllum methyl ester* (CIME) dan implementasinya sebagai bahan bakar dalam mode bahan bakar parsial atau tunggal telah dilakukan di berbagai belahan dunia, khususnya di Indonesia, India dan Malaysia (Nanthagopal et al., 2019).

2.2.2 Sifat Fisiko kimia *Calophyllum inophyllum methyl ester* (CIME) & Reaksi Transesterifikasi Minyak Nyamplung

Tabel 2. 1 Sifat fisikokimia *Calophyllum inophyllum methyl ester* (CIME)

Property	Unit	CIME ^a	CIME ^b	CIME ^c	CIME ^d	CIME ^e	ASTM D6751	Method
ASTM properties								
Density at 40 °C	kg/m ³	877.6	880.6	-	-	868.6	860-900	ASTM D1298
Kinematic viscosity at 40 °C	mm ² /s (cSt)	5.5377	5.724	4	4.92	4.7128	1.9-6.0	ASTM D445
Oxidation stability	h at 110 °C	6.12	-	-	-	6.01	Min. 3h	ASTM D675
Cloud point	°C	12	-	13.2	13.2	10	Max. 18	ASTM D 2500
Pour point	°C	13	-	-	4.3	8	-	ASTM D 97
CFPP	°C	11	-	-	-	8	Max. 19	ASTM D 6371
Flash point	°C	162.5	151	140	140	141.5	130 Min	ASTM D93
Copper strip corrosion (50 °C; 3 h)	-	1a	1b	-	-	-	Max. no.3	ASTM D130
Calorific value	kJ/kg	39,513	-	-	38,660	39,389	N/A	N/A
Sulfur	ppm	4.11	-	-	-	-	500 Max (S500) 15 Max (S15)	ASTM D5453
Non-ASTM properties								
Kinematic viscosity at 100 °C	mm ² /s (cSt)	1.998	-	-	-	-	-	-
Viscosity index	-	183.2	-	-	-	174.7	-	-
Absorbance at WL 656.1	abs	0.057	-	-	-	-	-	-
Transmission at WL 656.1	(%)	87.7	-	-	-	-	-	-
Refractive index at 25 °C	(RI)	1.4574	-	-	-	-	-	-

Sumber: (Atabani dkk, 2014)



Gambar 2.2 Reaksi transesterifikasi Minyak Nyamplung (Muderawan & Daiwataningsih, 2016)

2.3 Karakteristik Pembakaran

Karakteristik pembakaran didefinisikan sebagai suatu reaksi kimia eksotermal dengan kalor yang dibangkitkan sangat besar dan menghasilkan nyala, reaksi ini berlangsung spontan dan berkelanjutan karena adanya suplai kalor (Caroko et al., 2015). Sedangkan menurut (Triwibowo, 2013) pembakaran adalah oksidasi bahan bakar secara cepat yang disertai dengan produksi panas dan cahaya atau api. Pelepasan panas dan cahaya ini ditandai dengan terbentuknya api. Pembakaran yang sempurna terjadi hanya jika terdapat pasokan oksigen yang cukup dan biasanya pembakaran dilakukan dengan udara berlebih untuk menjamin pembakaran yang sempurna. Proses pembakaran juga dapat diartikan sebagai reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen dari udara. Hasil pembakaran utama adalah karbondioksida dan uap air serta energi panas. Sedangkan hasil pembakaran yang lain adalah karbonmonoksida, abu (ash), NO_x, atau SO_x, tergantung dari jenis bahan bakarnya. Maka karakteristik pembakaran dapat didefinisikan sebagai perilaku bahan bakar yang teroksidasi secara cepat dan berkelanjutan yang disertai dengan produk panas dan cahaya. Dalam proses pembakaran, bahan bakar dan udara bereaksi sehingga menghasilkan pembakaran.

Karakteristik ditandai dengan perbedaan visualisasi pada api. Penggunaan kedua bahan bakar tersebut memiliki posisi nyala api dan warna nyala api yang berbeda-beda. Menurut (Prasetyo et al., 2019) karakteristik pembakaran memberikan

suatu pengetahuan baru tentang perbedaan pada setiap variasi bahan bakar dan variasi nilai rasio ekuivalen. Hal ini disebabkan karena zat yang ada pada masing-masing bahan bakar berbeda. Peningkatan nilai ekuivalen rasio akan meningkatkan pula kandungan massa yang dikandung oleh campuran reaktan. Sehingga, apa bila intensitas massa yang terkandung terlalu banyak, proses reaksi akan lebih sulit dan menyebabkan kecepatan reaksi pembakaran menurun. Karakteristik yang mempengaruhi pola kecepatan pembakaran dan tinggi api selain itu terdapat dua tipe mode nyala api, yaitu api *premixed* dan api difusi.

2.3.1 Laju Pembakaran Laminer

Laju pembakaran laminer merupakan jumlah bahan bakar yang terbakar dengan aliran reaktan yang tersusun secara laminar dan angka reynold <2000. Laju pembakaran berhubungan erat dengan karakteristik bahan bakar dan rasio ekivalen. karakteristik bahan bakar tersebut terdiri dari nilai viskositas, densitas dan nilai kalor. Viskositas dan densitas yang tinggi dapat menyebabkan nyala api dan pengaruh suhu pembakaran. Selain itu viskositas dan densitas yang tinggi pada bahan bakar menyatakan bahwa bahan bakar akan lebih sulit terbakar (Banjari et al., 2015). Besarnya nilai viskositas dan densitas dipengaruhi oleh kandungan gliserol pada bahan bakar, khususnya bahan bakar biodiesel. Laju pembakaran akan meningkat dengan adanya laju aliran udara dan peningkatan suhu. Persamaan untuk menghitung laju laminer (SL) dapat dilihat pada persamaan:

$$SL = V \cdot \sin \alpha \quad \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

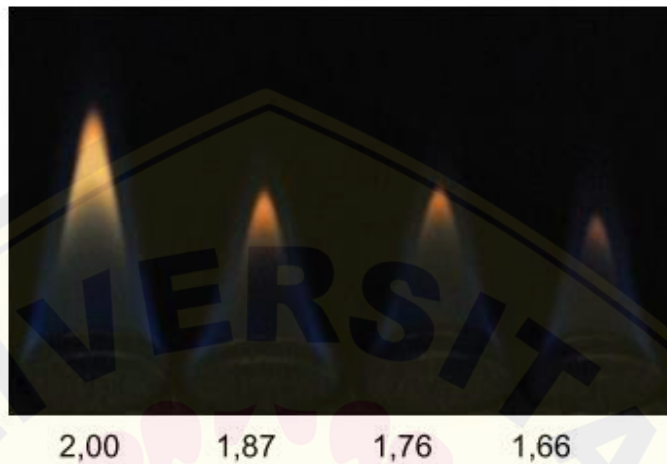
SL : laju pembakaran laminer (*laminar burning velocity*) (cm/s)

V : kecepatan reaktan (cm/s)

α : sudut api yang diukur pada bunsen burner ($^{\circ}$)

2.3.2 Sudut api

(Bahri La Muhaya et al., 2015) melakukan pengujian eksperimental pada minyak nabati. Pengujian menunjukkan bahwa komposisi kaya bahan bakar mempengaruhi sudut api. Ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Pola api *bunsen burner* (Sumber: Bahri La Muhaya et al., 2015)

Sudut api semakin mengecil hingga padam. Fenomena ini terjadi karena komposisi bahan bakar yang semakin kaya udara menyebabkan meningkatnya pembakaran.

2.3.3 Tinggi api

Peningkatan tinggi kerucut api dipengaruhi oleh nilai kalor pada bahan bakar (Erawan, 2018). Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Zhen et al., 2014) menyatakan bahwa penambahan konsentrasi bahan bakar dapat meningkatkan tinggi kerucut api namun diikuti dengan penurunan laju pembakaran laminar dikarenakan perbandingan bahan bakar lebih banyak dari pada udara. Pembakaran *premixed* menunjukkan peningkatan kaya bahan bakar maka pola api akan semakin meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh *ekivalen ratio*, semakin meningkat *ekivalen ratio* maka komposisi udara semakin berkurang penambahan komposisi bahan bakar semakin meningkat sehingga bahan bakar tidak bereaksi secara keseluruhan sisa bahan

bakar yang tidak bereaksi terdorong pada ujung *bunsen burner* dan menyebabkan pola tinggi api semakin meningkat.

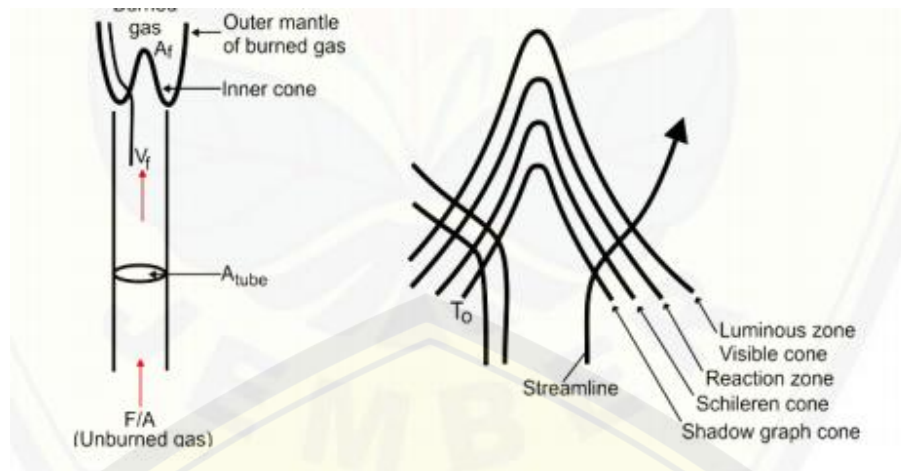
2.3.4 *Premixed*

Api *premixed* adalah api yang dihasilkan ketika bahan bakar bercampur dengan udara. Tempat udara dan bahan bakar bercampur pada *ruang pencampuran*. Api *premixed* dapat berdasarkan komposisinya. Bahan api *premixed* terdiri dari kaya udara, *stokiometri* dan kaya bahan bakar. Pada $\phi = 1$ kecepatan api dapat meningkat dan optimal karena udara-bahan bakar seimbang (B.N. Riwu et al., 2016). Laju pembakaran menurun ketika rasio ekivalen meningkat (Wirawan et al., 2013). *Ekivalen ratio* sangat berpengaruh terhadap laju pembakaran, hal ini dipengaruhi oleh komposisi kimia bahan bakar yang digunakan dan intensitas massa yang dikandung oleh reaktan. Contoh gambar api *premixed* ditampilkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Nyala api *premixed* (B.N. Riwu et al., 2016).

Nyala api pada *bunsen burner* adalah nyala rangkap, yaitu inti nyala *premix* yang kaya akan bahan bakar dikelilingi dengan nyala difusi. Bentuk nyala api sangat ditentukan oleh kombinasi pengaruh profil kecepatan perambatan nyala api (*flame propagation*) dan pengaruh panas ke dinding tabung (*flame pendinginan*). Gambar 2.5 menunjukkan secara skematik suatu struktur nyala api yang dihasilkan oleh suatu *bunsen burner*.



Gambar 2.5 Aliran nyala api *premixed* (Kurnia, 2012)

2.3.5 Api Difusi

Api *difusi* adalah api yang dihasilkan ketika bahan bakar kontak langsung dengan udara lingkungan. Dalam sebuah penelitian pembakaran difusi, menjelaskan bahwa batas stabilitas api pada dasarnya dipengaruhi oleh besarnya debit reaktan dimana hal ini nantinya berhubungan erat dengan fenomena *lift off* (api terangkat menjauhi mulut burner) dan *blow off* (kondisi dimana api padam). (Tobe et al., 2020)

Api difusi, atau api non-campuran, biasanya terjadi di mana bahan bakar dan pengoksidasi awalnya dipisahkan. Mekanisme transportasi yang membawa reaktan didominasi oleh difusi molekul di sekitar zona reaksi nyala dan juga dipengaruhi oleh konveksi aliran latar yang berpasangan dengan nyala api. (Sukri et al., 2021)

2.4 Metode Pengujian *Bunsen Burner*

Metode pengujian dengan menggunakan *bunsen burner* merupakan metode yang sering digunakan dalam proses pengamatan pembakaran api secara visual (Wirawan et al., 2013). Pengamatan proses pembakaran bertujuan untuk menentukan kualitas pembakaran dan menentukan nilai laju pembakaran. Nilai laju pembakaran diperoleh dari mengkalikan kecepatan reaktan dengan sudut api yang terbentuk. Pengujian laju pembakaran dengan menggunakan *bunsen burner* lebih mudah untuk dilakukan, serta memungkinkan untuk meneliti variasi *ekivalen ratio*.

Gambar *bunsen burner* ditampilkan pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 *Bunsen burner*

2.5 Induksi Medan Magnet

Bentuk api dan arah aliran dari produk pembakaran dan oksigen berubah karena arah dari gaya magnet. Karena itu, nyala api dapat dikontrol dengan penerapan medan magnet, yang dapat juga meningkatkan karakteristik pembakaran (Soebiyakto et al., 2020). Bahwa hanya medan magnet yang tidak seragam yang dapat berinteraksi dengan nyala api, dan nyala api laminar kecil lebih terpengaruh pada campuran atau nyala api yang sebagian sudah tercampur (Xie et al., 2021). Ionisasi bahan bakar adalah teknik baru yang lain belum banyak dieksplorasi oleh para peneliti. Bahan bakar cair sebagian

besar mengandung hidrokarbon yang memiliki sifat kuat (Thiyagarajan et al., 2019). Dalam penelitian ini, elektro magnet ditempatkan di sekitar laminar metana api pembakaran untuk menciptakan medan magnet gradien (gradien ke bawah yang tinggi dari kuadrat kerapatan fluks magnet) (Wu et al., 2016). Nyala api berinteraksi dengan medan elektro magnetik melalui ion dan elektron dalam bahan bakar. Sejauh ini, studi telah dilakukan untuk mengamati nyala api bahan bakar konvensional dari gas seperti metana dan beberapa dari bahan bakar cair seperti *methanol* (Soebiyakto et al., 2020).

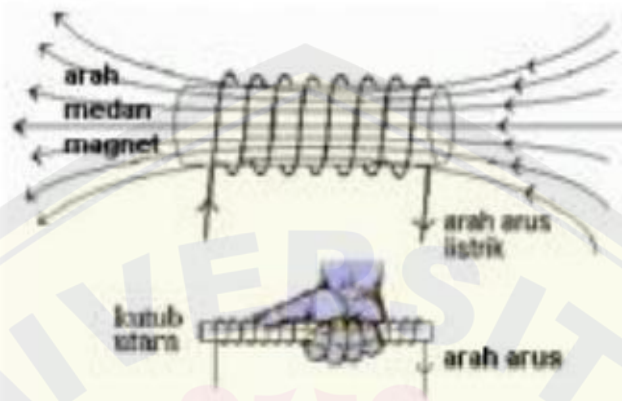
2.6 Penelitian terdahulu

(Zhen et al., 2014) melakukan pengujian eksperimental pada biogas dengan menambahkan hidrogen untuk mengetahui karakteristik pembakaran. Hasil pengujian yang dilakukan dengan penambahan hidrogen menghasilkan peningkatan pada laju pembakaran laminar namun nilai tinggi api berkurang. (Wirawan et al., 2013) melakukan penelitian tentang pembakaran *premixed* minyak nabati pada *perforated burner*. Dengan hasil menunjukkan bahwa minyak kelapa murni terjadi penurunan laju pembakaran (SL) pada *perforated burner* seiring dengan meningkatnya *ekivalen ratio* (ϕ). Gliserol membutuhkan udara lebih agar bahan bakar dapat terurai. Laju pembakaran laminar tertinggi pada campuran *ekivalen ratio* rendah.

(Listyadi et al., 2018) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh kandungan gas CO₂ pada biogas terhadap karakteristik pembakaran *premixed* dengan hasil menunjukkan bahwa kandungan CO₂ dalam biogas berpengaruh terhadap karakteristik nyala api *premixed*. Pada kandungan oksigen dalam reaktan berpengaruh signifikan terhadap perubahan lebar api *premixed*. Nilai kalor mempengaruhi tinggi api. (B.N. Riwu et al., 2016) melakukan penelitian pembakaran *premixed* minyak jarak dengan *liquefied petroleum gas* (LPG). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar persentase LPG, maka nyala api semakin stabil pada nilai *ekivalen ratio* rendah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar prosentase penambahan bahan bakar LPG, maka laju pembakaran semakin meningkat pada *ekivalen ratio* yang ramping. Nilai

besar sudut api mempengaruhi laju pembakaran, karena nilai sudut kerucut api berbanding lurus dengan kecepatan pembakaran.

2.7 Skema magnet



Gambar 2.7 Skema magnet (Sumber: Hamdhani, 2016)

Besar dan arah medan magnet disumbu kawat melingkar berarus listrik dengan jumlah lilitan kawat :

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{2\pi \cdot a} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

B = Kuat medan magnet dalam tesla (T)

1 B = 104 Gauss

μ_0 = Permibilitas ruang hampa ; bernilai = $4\pi \cdot 10^{-7}$ (H/m atau $H \cdot m^{-1}$)

I = Kuat arus listrik dalam ampere (A)

a = Jari jari lingkaran yang dibuat dalam meter (m)

N = Banyaknya jumlah lilitan yang dibuat

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mengetahui pengaruh induksi medan magnet pada nyala api pembakaran *premixed* dengan bahan bakar biodiesel nyamplung (*calophyllum inophyllum*) dan *ethanol* yang diberi perlakuan induksi medan magnet dan tanpa medan magnet.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium konversi *energy* dengan temperatur ruangan 25- 30°C.

3.2.2 Waktu Penelitian

Rincian kegiatan penulisan tugas akhir dapat dilihat pada tabel 3.1

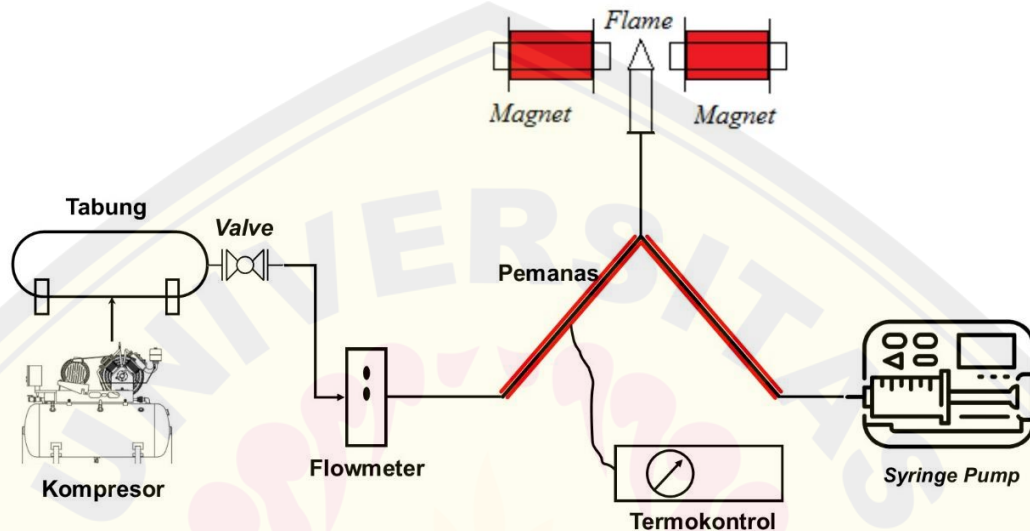
Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian

Kegiatan	Bulan							
	2022				2023			
	Agts	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Maret
Studi literatur	■	■	■					
Pembuatan Biodiesel		■	■	■				
Persiapan alat dan bahan			■	■				
Pembuatan burner				■	■			
Seminar proposal					■	■		
Pengambilan data						■	■	
Analisis data							■	■
Publikasi								■
Seminar hasil								■
Ujian Tesis								■

3.3 Skema alat uji

Skema pada pengujian ini menggunakan alat uji *bunsen burner*, spesifikasi dari alat uji pembakaran laminar dan ketinggian nyala api tersebut:

3.3.1 Alat uji kecepatan pembakaran laminar dan ketinggian nyala api.



Gambar 3.1 Skema alat uji

(1) Kompresor :

Kompresor berfungsi untuk menyuplai kebutuhan udara pada pembakaran *premixed* saat penelitian berlangsung.

(2) Tabung :

Tabung untuk menampung udara dari kompresor

(3) Kran :

kran digunakan untuk mengatur aliran bahan bakar dan udara

(4) *Flowmeter*:

Katup kontrol aliran yang digunakan merupakan katup dengan laju aliran maksimum 10 lpm dan mampu menahan tekanan maksimum 250 bar memungkinkan aliran bebas dalam satu arah dan aliran terukur. Katup kontrol

aliran digunakan untuk mengatur atau memantau aliran udara maupun fluida berguna agar mempermudah mengontrol aliran saat proses pengujian berlangsung.

(5) *Bunsen burner / Heater Belt:*

Bunsen burner adalah alat yang dapat menghasilkan nyala api.

(6) Induksi magnet:

Induksi elektromagnetik adalah gejala timbulnya GGL (gaya gerak listrik) di dalam suatu kumparan, bila terdapat perubahan fluks magnetik pada kumparan konduktor tersebut atau bila konduktor bergerak relatif melintasi medan magnetik pengaruh pemberian magnet adalah untuk menginduksi oksigen. Karena oksigen bersifat paramagnetik, sehingga dapat ditarik oleh medan magnet.

(7) Nyala api;

Nyala api *premixed* yang akan di amati dengan pemberian magnet maupun tanpa magnet

(8) *Thermocouple* :



Gambar 3.2 *Thermocouple*

Thermocouple adalah sensor suhu untuk membantu mengukur suhu/ temperatur pada saat penelitian. *Thermocouple* yang digunakan pada penelitian ini merupakan *thermocouple type K* yang telah dilengkapi *peripheral board* berbasis MAX6675. *output* dari sensor ini dapat diakses melalui antar muka SPI oleh *mikrocontroller*.

Thermocouple pada produk ini mampu mengukur temperatur pada rentang 0°C - 800°C dengan akurasi mencapai 0.25°C.

Spesifikasi

- Tegangan Kerja: 3V - 5V
- Output Data: SPI
- Rentang Pengukuran Suhu: 0°C - 800°C
- Akurasi Suhu: 0.25°

(9) *Syringe Pump*:



Gambar 3.3 *Syringe pump*

Syringe pump digunakan untuk mengatur debit bahan bakar yang dialirkan menuju *burner*.

3.4 Bahan Penelitian dan Alat Penelitian

Untuk mendukung berjalannya proses pengujian penelitian diperlukan alat yang digunakan :

a. Berikut adalah proses pembuatan biodiesel nyamplung:

1. Blender/ penghalus

Blender ini digunakan untuk menghaluskan biji nyamplung yang sudah di keringkan agar lebih maksimal pada saat proses pengepresan berlangsung.

2. Alat press nyamplung

Alat press nyamplung ini digunakan untuk memisahkan minyak dari biji nyamplung agar dapat diolah pada tahap selanjutnya. Biji nyamplung yang akan dipress adalah biji yang sudah dikeringkan/ dijemur selama 5 hari.

3. Kain saring shipon

Digunakan untuk menyaring ampas nyamplung saat dilakukan pengepresan.

b. Berikut adalah proses pembakaran biodiesel nyamplung (*calophyllum inophyllum*) dan *ethanol* :

1. *Power Supply*

Power supply berfungsi sebagai Pemberi tegangan input pada magnet yang akan digunakan.

2. Gaus meter

Gaus meter digunakan untuk mengukur besar medan magnet dalam satuan gauss.

3. *Bunsen Burner*

Adalah alat yang digunakan untuk mencampur sekaligus membakar bahan bakar yang akan diteliti.

4. Tripod

Tripod diperlukan sebagai penyangga kamera agar tetap pada posisi stabil saat mengambil gambar

5. Kamera

Kamera berguna untuk menhambil data nyala api ketika penelitian berlangsung.

6. *PC (Personal Computer)*

Personal Computer atau komputer diperlukan untuk mengolah data hasil penelitian agar menjadi lebih mudah dipahami.

7. *Ethanol 97%*

8. Biodiesel nyamplung

9. Magnet

3.5 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis variabel yaitu sebagai berikut:

3.6.1 Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Kuat medan magnet 11000 gauss
- b. Uji eksperimental dilakukan dari (*AFR*) rasio ekivalen $\phi = (0,6) (0,8) (1) (1,2) (1,4)$
- c. Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah biodiesel nyamplung dan *ethanol*. Komposisi bahan campuran pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 *Percentage ethanol and biodiesel calophyllum Inophyllum*

Fuel	Percentage
E0B100	0% ethanol + 100% biodiesel calophyllum Inophyllum
E10B90	10% ethanol + 90% biodiesel calophyllum Inophyllum
E20B80	20% ethanol + 80% biodiesel calophyllum Inophyllum
E30B70	30% ethanol + 70% biodiesel calophyllum Inophyllum
E100B0	100% ethanol + 0% biodiesel calophyllum Inophyllum

3.6.2 Variabel Terikat

Penelitian ini memiliki data-data variabel terikat sebagai berikut ini:

- a. Laju pembakaran laminar
- b. Sudut api
- c. Tinggi api

3.6 Proses Pengambilan/ Pengujian Data

Setelah semua persiapan telah disediakan tahap selanjutnya yaitu proses pengujian. Proses pengujian ini menggunakan *bunsen burner*, *biodiesel calophyllum inophyllum*, dan *ethanol* untuk mengetahui kecepatan pembakaran laminar, temperatur dan tinggi api pada proses pembakaran *premixed* dengan pemberian induksi medan magnet dan tanpa induksi medan magnet.

Proses penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan biodiesel nyamplung, *ethanol*, *bunsen burner* dan magnet buatan yang akan digunakan dalam penelitian ini.
- b. Peralatan eksperimental ditampilkan secara skematis di Gambar 3.1 Skema alat uji
- c. Minyak nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) 50 ml diumpangkan ke boiler
- d. Kemudian dipanaskan dengan *heater bellt*
- e. Hingga menguap pada 300 ° C dan tekanan 1-5 bar dijaga konstan.
- f. Bahan bakar katup saluran masuk dibuka dan katup saluran masuk udara juga dibuka.
- g. Proses selanjutnya adalah katup saluran masuk udara dibuka sedikit dan perbedaan ketinggian *air* dicatat pada kontrol aliran (*Flow Meter*)
- h. Perbedaan ketinggian *air* di kontrol aliran bahan bakar dicatat dan dijaga konstan.
- i. Dengan peningkatan bertahap dalam pembukaan katup saluran masuk udara, setiap perbedaan tingkat dalam kontrol aliran udara dicatat.
- j. Uap minyak nabati dari boiler dicampur dengan udara dari kompresor di ruang burner.
- k. Kembali ketahap (C) komposisi campuran *Ethanol* dan Biodiesel nyamplung dengan perbandingan B100, E10B90, E20B80, E30B70 dan E100.
- l. Dengan meningkatkan jumlah udara dalam campuran, nyala api akan berangsur-angsur berubah menjadi api yang sudah dicampur.
- m. Api kemudian diberikan medan magnet dari batang magnet buatan masing-masing dengan kutub utara (N) dan selatan (S).
- n. Batang magnet diposisikan N-N,
- o. Batang magnet masing-masing memiliki kekuatan 11.000 gaus
- p. Batang magnet ditempatkan pada dudukan yang terbuat dari alluminium kemudian dikencangkan dengan baut dan mur.

- q. Ujung pembakaran dengan diameter 0,6 mm dan berbentuk Y *junction* dibuat dari pipa *stainless steel*. Api campuran terbentuk di tepi *nosel* dicatat sampai nyala api keluar menggunakan kamera.
- r. *Thermocouple* terhubung ke data logger untuk merekam suhu yang diukur ke dalam *computer*.

3.7 Pengolahan Data

Pengambilan data hasil pengujian pembakaran *premixed* bahan bakar *ethanol* dan biodiesel nyamplung (*calophyllum inophyllum*) dengan komposisi perbandingan B100%, E10B90%, E20B80%, E30B70% dan E100%. Adapun bentuk tabel pengolahan data tersebut, yaitu sebagai berikut:

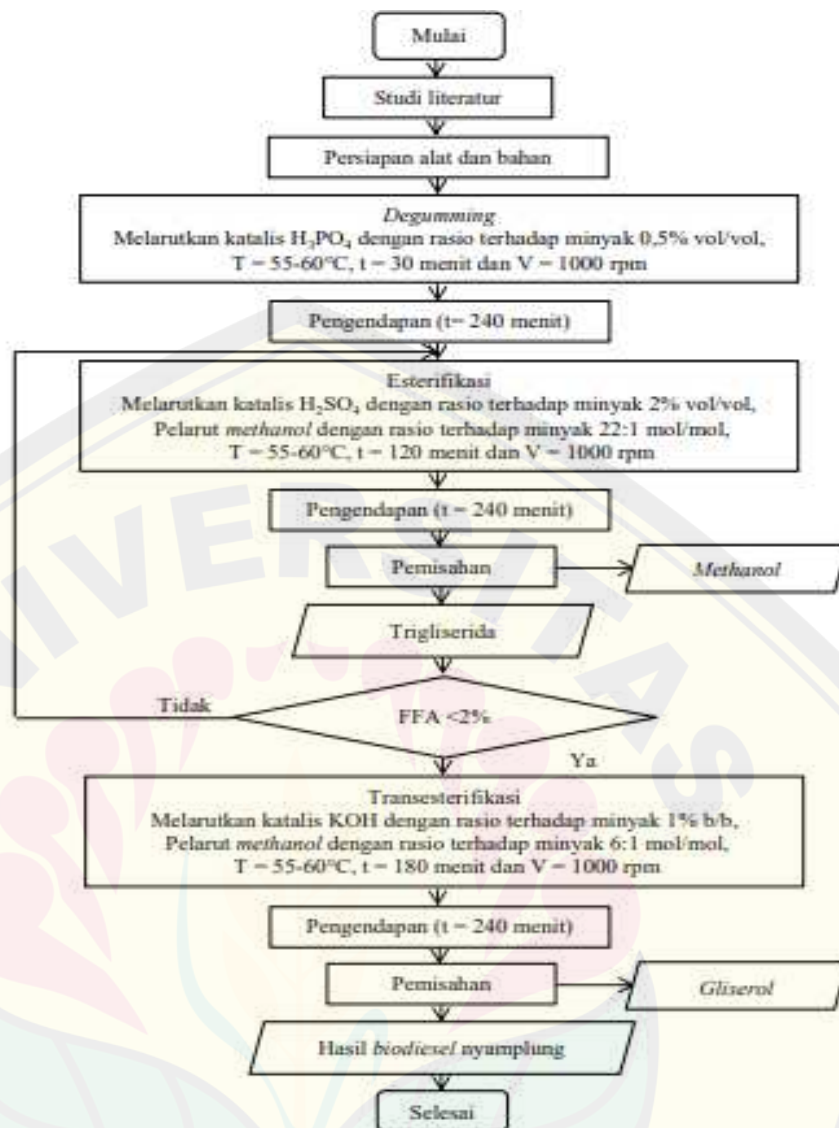
3.8 Analisa Data

Analisis data dari penelitian ini menggunakan data yang diperoleh dari hasil pengujian pembakaran *premixed biodiesel Calophyllum Inophyllum* dan *ethanol* dengan pemberian induksi magnet dan tanpa induksi magnet menggunakan *Bunsen burner*. Data yang diambil ditampilkan dalam grafik sebagai hasil dari pengujian, sehingga peneliti mengambil data langsung dari hasil yang didapat saat proses pengujian berulang agar mendapat nilai valid rata-rata data. Kemudian data diolah menggunakan komputer untuk mendapatkan hasil berupa grafik dan tabel dalam bentuk *print out*.

3.9 Diagram Alir Penelitian

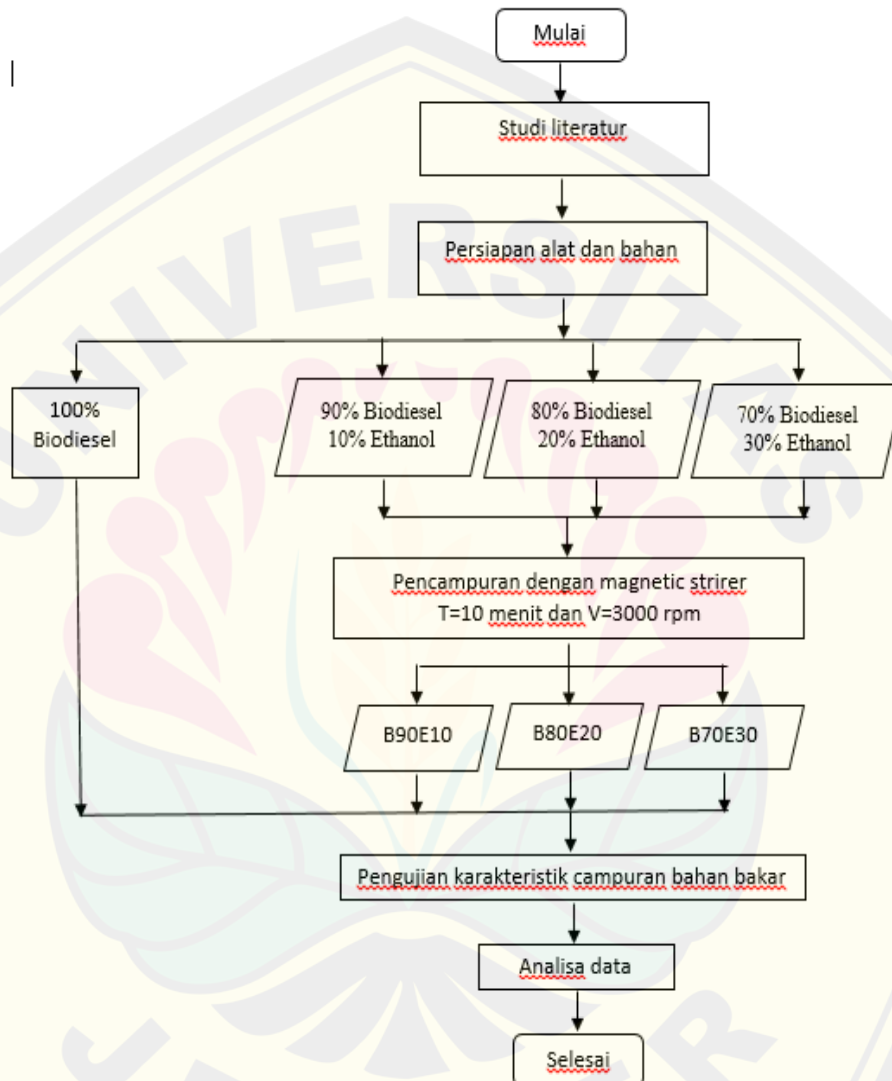
3.9.1 Pembuatan Biodiesel Nyamplung (Tahap 1)

Pada Tahap 1 adalah proses pembuatan biodiesel nyamplung, yang dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Gambar 3.4 Diagram alir tahap 1 pembuatan *biodiesel* nyemplung

3.9.2 Pencampuran Bahan Bakar (Tahap 2)

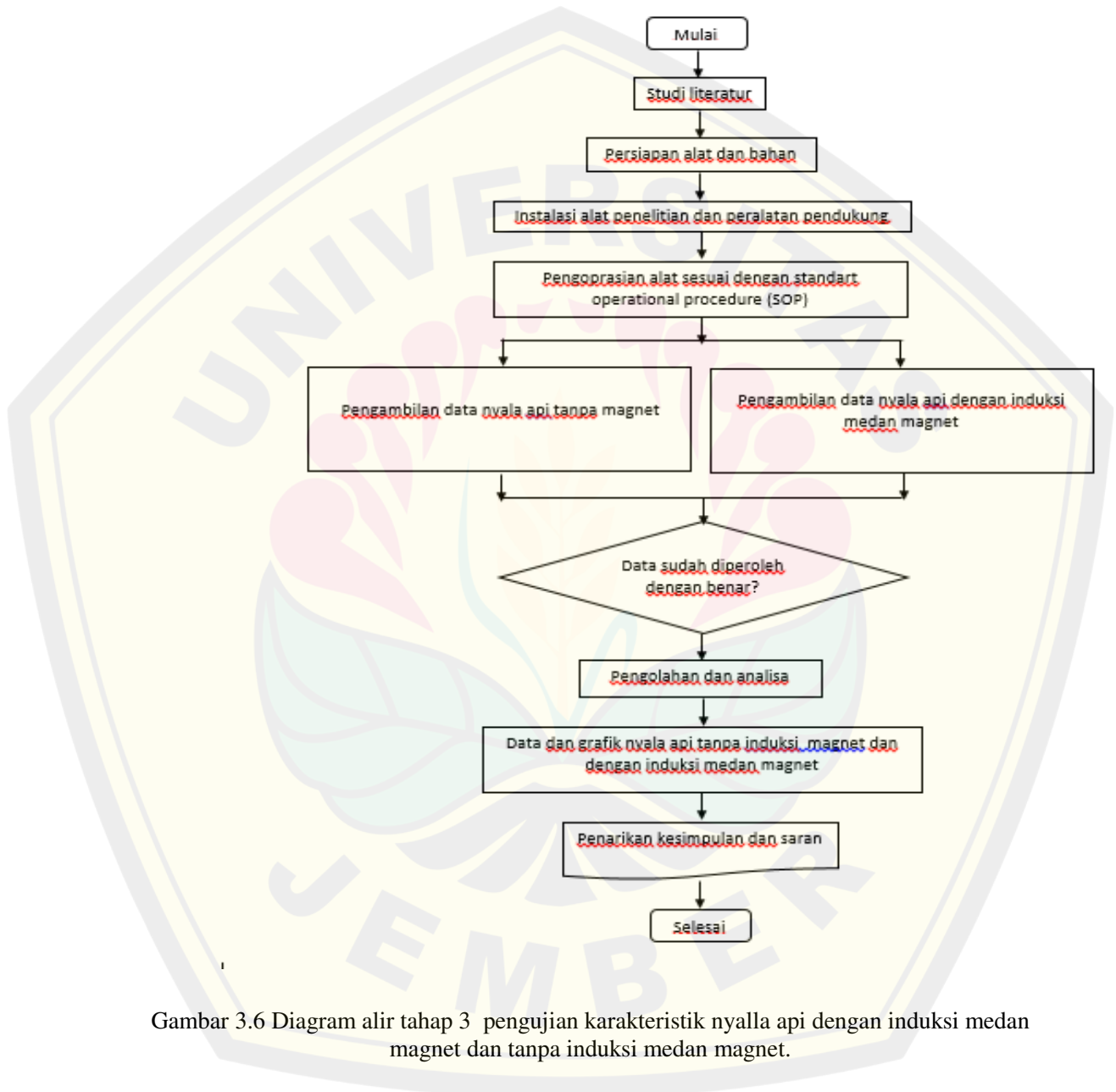
Pada tahap 2 dilakukan proses pencampuran bahan bakar *Biodiesel* dan *ethanol* menggunakan *magnetic stirrer* yang dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram alir tahap 2 pencampuran bahan bakar

3.9.3 Pengujian karakteristik nyalla api (Tahap 3)

Agar penelitian yang dilakukan berjalan dengan baik dan seperti yang diharapkan maka dibuat alur penelitian Pada tahap 3, yaitu dilakukan pengujian karakteristik api dengan bahan bakar *biodiesel* nyamplung yang dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram alir tahap 3 pengujian karakteristik nyalla api dengan induksi medan magnet dan tanpa induksi medan magnet.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

Hasil penelitian karakteristik pembakaran *premixed* biodiesel nyamplung (*callophyllum inophyllum*) dengan penambahan induksi medan magnet buatan yang mencapai 11000 gaus, menghasilkan visualisasi data berupa gambar sudut api dan tinggi api. Gambar visualisasi api diolah sehingga menghasilkan data nilai laju pembakaran laminer dan tinggi api. Sebelum dilakukan pengujian karakteristik api pembakaran dengan penambahan induksi medan magnet, bahan bakar *biodiesel* nyamplung diuji karakteristiknya terlebih dahulu. Dari data tersebut dapat dibandingkan pengaruh penambahan induksi medan magnet, dan pengaruh variasi *ekivalen ratio* (φ) terhadap laju pembakaran laminer (SL), serta tinggi api *premixed*.

4.1.1 Laju Pembakaran Laminer

Pengujian katakteristik api pembakaran biodiesel nyamplung dan etanol dengan penambahan induksi medan magnet menghasilkan data sudut api dengan variasi ekivalen ratio (φ), variasi komposisi bahan bakar dan induksi medan magnet. Nilai laju pembakaran laminer diperoleh dengan cara nilai sudut api hasil pengujian dikalikan dengan kecepatan reaktan. Perhitungan kecepatan reaktan dapat dilihat pada lampiran A. Pada saat pengujian debit udara tetap 1,5 Lpm. Debit udara diatur menggunakan *flow meter* sedangkan debit bahan bakar disesuaikan dengan variasi komposisi bahan bakar dan ekivalen ratio yang telah ditentukan berdasarkan perhitungan pada lampiran A. Pada Tabel 4.1 ditampilkan debit bahan bakar yang digunakan saat pengujian berlangsung.

Tabel 4.1 Debit bahan bakar (ml/jam) dijadikan (ml/menit)

Komposisi bahan bakar	Ekivalent ratio				
	0,6 (ml/menit)	0,8 (ml/menit)	1 (ml/menit)	1,2 (ml/menit)	1,4 (ml/menit)
E10	2,08	1,92	1,79	1,67	1,56
E20	2,27	2,08	1,92	1,79	1,67
E30	2,5	2,27	2,08	1,92	1,79
B100	2,78	2,5	2,27	2,08	1,92
E100	2,78	2,5	2,27	2,08	1,92

Hasil pengujian karakteristik api pembakaran biodiesel nyamplung dan etanol dengan penambahan induksi medan magnet dijelaskan pada tahap berikut ini:

Pada Tabel 4.2 memperlihatkan nilai hasil pengujian laju pembakaran laminar pada $\phi = 0,6, 0,8, 1, 1,2, 1,4$

Tabel 4.2 Laju pembakaran laminar (SL) (cm/s)

Bahan bakar	Non-Magnet		Non-Magnet		Non-Magnet		Non-Magnet		Non-Magnet	
	Magnet	Magnet	Magnet	Magnet	Magnet	Magnet	Magnet	Magnet	Magnet	Magnet
	Pada $\phi = 0,6$		Pada $\phi = 0,8$		Pada $\phi = 1$		Pada $\phi = 1,2$		Pada $\phi = 1,8$	
B100	62,665	76,144	40,246	54,956	30,669	42,773	24,085	32,796	24,002	28,310
E30	82,504	98,809	52,489	72,759	44,267	60,720	48,255	51,705	33,037	39,525
E20	70,046	83,978	45,280	61,517	36,034	50,616	35,511	40,224	27,333	32,714
E10	54,966	65,153	35,175	46,810	27,717	35,827	18,254	26,661	17,150	21,852
E100	10,158	14,003	10,812	11,694	7,535	8,413	5,667	6,497	4,797	5,688

a. Laju pembakaran laminar pada Ekivalent ratio $\phi = 0,6$

Hasil karakteristik nyala api pembakaran laminar biodiesel nyamplung dengan penambahan etanol dan induksi medan magnet pada ekivalent ratio $\phi = 0,6$ menghasilkan gambar nyala api yang dapat dilihat pada gambar 4.1



(a) Tanpa magnet

(b) Magnet

Gambar 4.1 Nyala api $\phi = 0,6$ Non Magnet dan Magnet

Pada Tabel 4.4 dapat diamati bahwa nilai tertinggi laju pembakaran laminar pada $\phi = 0,6$ berada pada komposisi pencampuran bahan bakar E30% etanol dengan biodiesel dengan nilai 82,504 cm/s, sedangkan laju pembakaran dengan medan magnet dengan nilai 98,809 cm/s dan nilai terendah ada pada bahan bakar etanol E100% dengan nilai 10,158 cm/s, sedangkan laju pembakaran dengan medan magnet dengan nilai 14,003 cm/s.

b. Laju pembakaran laminar pada Ekivalent ratio $\phi = 0,8$

Hasil karakteristik nyala api pembakaran laminar biodiesel nyamplung dengan penambahan etanol pada Ekivalent ratio $\phi = 0,8$ menghasilkan gambar nyala api yang dapat dilihat pada gambar 4.2



(a) Tanpa magnet

(b) Magnet

Gambar 4.2 Nyala api $\phi = 0,8$ Non Magnet dan Magnet

Pada Tabel 4.4 nilai tertinggi laju pembakaran laminar pada $\phi = 0,8$ berada pada komposisi pencampuran bahan bakar E30% dengan nilai 52,489 cm/s, sedangkan laju pembakaran dengan medan magnet dengan nilai 72,759 cm/s dan nilai terendah ada

pada bahan bakar etanol E100% dengan nilai 10,812 cm/s, sedangkan laju pembakaran dengan medan magnet dengan nilai 11,694 cm/s.

c. Laju pembakaran laminar pada Ekivalent ratio $\phi = 1$

Hasil karakteristik nyala api pembakaran laminar biodiesel nyamplung dengan penambahan etanol pada Ekivalent ratio $\phi = 1$ menghasilkan gambar nyala api yang dapat dilihat pada gambar 4.3



(a) Tanpa magnet

(b) Magnet

Gambar 4.3 Nyala api $\phi = 1$ Non Magnet dan Magnet

Pada Tabel 4.4 nilai tertinggi laju pembakaran laminar pada $\phi = 1$ berada pada komposisi pencampuran bahan bakar E30% dengan nilai 44,267 cm/s, sedangkan laju pembakaran dengan medan magnet dengan nilai 60,720 cm/s dan nilai terendah ada pada bahan bakar etanol E100% dengan nilai 7,535 cm/s, sedangkan laju pembakaran dengan medan magnet dengan nilai 8,413 cm/s.

d. Laju pembakaran laminar pada Ekivalent ratio $\phi = 1,2$

Hasil karakteristik nyala api pembakaran laminar biodiesel nyamplung dengan penambahan etanol pada Ekivalent ratio $\phi = 1,2$ menghasilkan gambar nyala api yang dapat dilihat pada gambar 4.4



(a) Tanpa magnet

(b) Magnet

Gambar 4.4 Nyala api $\phi = 1,2$ Non Magnet dan Magnet

Pada Tabel 4.4 nilai tertinggi laju pembakaran laminar pada $\phi = 1,2$ berada pada komposisi pencampuran bahan bakar E30% dengan nilai 48,255 cm/s, sedangkan laju pembakaran dengan medan magnet dengan nilai 51,705 cm/s dan nilai terendah ada pada bahan bakar etanol E100% dengan nilai 5,667 cm/s, sedangkan laju pembakaran dengan medan magnet dengan nilai 6,497 cm/s.

e. Laju pembakaran laminar pada Ekivalent ratio $\phi = 1,4$

Hasil karakteristik nyala api pembakaran laminar biodiesel nyamplung dengan penambahan etanol pada Ekivalent ratio $\phi = 1,4$ menghasilkan gambar nyala api yang dapat dilihat pada gambar 4.5



(a) Tanpa magnet

(b) Magnet

Gambar 4.5 Nyala api $\phi = 1,4$ Non Magnet dan Magnet

Pada Tabel 4.4 dapat diamati nilai tertinggi laju pembakaran laminar pada $\phi = 1,4$ berada pada komposisi pencampuran bahan bakar E30% etanol dan biodiesel dengan nilai 33,037 cm/s, sedangkan laju pembakaran dengan medan magnet dengan nilai 39,525 cm/s dan nilai terendah ada pada bahan bakar etanol E100% dengan nilai

4,797 cm/s, sedangkan laju pembakaran dengan medan magnet dengan nilai 5,688 cm/s. Nilai laju pembakaran laminar secara total pada seluruh *ekivalent ratio* tertinggi terdapat pada komposisi bahan bakar E30% etanol dan biodiesel sedangkan nilai terendah pada komposisi E100%.

4.1.2 Tinggi Api

Hasil karakteristik api pembakaran laminar biodiesel nyamplung dan etanol dengan penambahan induksi medan magnet dengan berbagai komposisi bahan bakar dan ekivalen ratio (φ) menghasilkan tinggi api. Dilakukan pengujian sebanyak tiga kali dengan data hasil percobaan terlampir pada lampiran C. Pada tabel 4.3 adalah data tinggi api pada seluruh *ekivalent ratio*.

Tabel 4.3 Tinggi Api

Bahan bakar	$\varphi = 0,6$		$\varphi = 0,8$		$\varphi = 1$		$\varphi = 1,2$		$\varphi = 1,4$	
	Non-Magnet	Magnet	Non-Magnet	Magnet	Non-Magnet	Magnet	Non-Magnet	Magnet	Non-Magnet	Magnet
B100	36,884	69,337	41,893	123,623	47,465	141,938	46,668	142,649	37,92	57,387
E30	41,337	70,003	43,759	126,325	47,662	145,464	46,677	141,529	40,7	60,076
E20	44,63	73,343	47,866	128,527	51,846	149,692	48,741	144,704	43,098	64,504
E10	48,634	75,991	50,896	130,827	55,826	153,645	52,444	147,759	46,057	67,125
E100	51,06	49,471	53,934	47,878	61,816	53,460	53,073	63,007	50,296	53,181

a. Tinggi Api pada $\varphi = 0,6$

Hasil pembakaran laminar biodiesel nyamplung dan etanol dengan penambahan induksi medan magnet pada $\varphi = 0,6$ menghasilkan data tinggi nyala api. Dilakukan pengujian dengan memvariasikan komposisi bahan bakar dan ekivalen ratio (φ). Hasil pengujian nilai tinggi api pada tabel 4.5 tinggi api, menunjukkan nilai tertinggi berada pada komposisi pencampuran bahan bakar E10% dengan nilai 48,634 mm sedangkan nilai tinggi api dengan magnet mencapai nilai 75,991 mm sedangkan tinggi api terendah pada bahan bakar B100% dengan nilai 36,884 mm sedangkan nilai tinggi api

dengan medan magnet pada bahan bakar E100% dengan nilai 49,471 mm. Penambahan etanol pada bahan bakar biodiesel nyamplung menyebabkan nilai tinggi api meningkat.

b. Tinggi Api pada $\varphi = 0,8$

Hasil pembakaran laminer biodiesel nyamplung dan etanol dengan penambahan induksi medan magnet pada $\varphi = 0,8$ menghasilkan data tinggi nyala api. Dilakukan pengujian dengan memvariasikan komposisi bahan bakar dan ekivalen ratio (φ). Hasil pengujian nilai tinggi api pada tabel 4.5 tinggi api, menunjukkan nilai tertinggi berada pada komposisi pencampuran bahan bakar E10% dengan nilai 50,896 mm sedangkan nilai tinggi api dengan magnet mencapai nilai 130,827 mm sedangkan tinggi api terendah pada bahan bakar B100% dengan nilai 41,893 mm sedangkan nilai tinggi api dengan medan magnet pada bahan bakar E100% dengan nilai 47,878 mm. Penambahan etanol pada bahan bakar biodiesel nyamplung menyebabkan nilai tinggi api meningkat.

c. Tinggi Api pada $\varphi = 1$

Hasil pembakaran laminer biodiesel nyamplung dan etanol dengan penambahan induksi medan magnet pada $\varphi = 1$ menghasilkan data tinggi nyala api. Dilakukan pengujian dengan memvariasikan komposisi bahan bakar dan ekivalen ratio (φ). Hasil pengujian nilai tinggi api pada tabel 4.5 tinggi api, menunjukkan nilai tertinggi berada pada komposisi pencampuran bahan bakar E10% dengan nilai 55,826 mm sedangkan nilai tinggi api dengan magnet mencapai nilai 153,645 mm sedangkan tinggi api terendah pada bahan bakar B100% dengan nilai 47,465 mm sedangkan nilai tinggi api dengan medan magnet pada bahan bakar E100% dengan nilai 53,460 mm. Penambahan etanol pada bahan bakar biodiesel nyamplung menyebabkan nilai tinggi api meningkat.

d. Tinggi Api pada $\varphi = 1,2$

Hasil pembakaran laminer biodiesel nyamplung dan etanol dengan penambahan induksi medan magnet pada $\varphi = 1,2$ menghasilkan data tinggi nyala api. Dilakukan pengujian dengan memvariasikan komposisi bahan bakar dan ekivalen ratio (φ). Hasil pengujian nilai tinggi api pada tabel 4.5 tinggi api, menunjukkan nilai

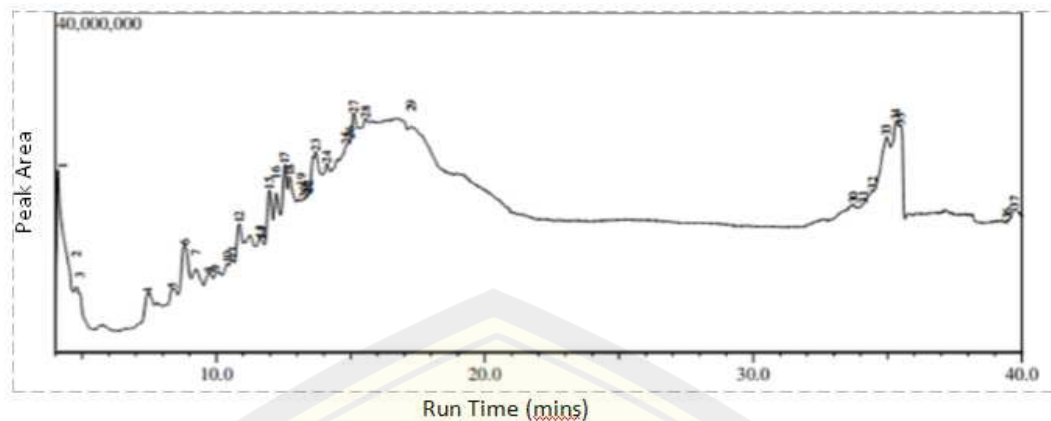
tertinggi berada pada komposisi pencampuran bahan bakar E10% dengan nilai 52,444 mm sedangkan nilai tinggi api dengan magnet mencapai nilai 147,759 mm sedangkan tinggi api terendah pada bahan bakar B100% dengan nilai 46,668 mm sedangkan nilai tinggi api dengan medan magnet pada bahan bakar E100% dengan nilai 63,007 mm. Penambahan etanol pada bahan bakar biodiesel nyamplung menyebabkan nilai tinggi api meningkat.

e. Tinggi Api pada $\phi = 1,4$

Hasil pembakaran laminer biodiesel nyamplung dan etanol dengan penambahan induksi medan magnet pada $\phi = 1,4$ menghasilkan data tinggi nyala api. Dilakukan pengujian dengan memvariasikan komposisi bahan bakar dan ekivalen ratio (ϕ). Hasil pengujian nilai tinggi api pada tabel 4.5 tinggi api, menunjukkan nilai tertinggi berada pada bahan bakar E100% dengan nilai 50,296 mm sedangkan nilai tinggi api dengan magnet pada bahan bakar E10% mencapai nilai 67,125 mm sedangkan tinggi api terendah pada bahan bakar B100% dengan nilai 37,92 mm sedangkan nilai tinggi api dengan medan magnet pada bahan bakar E100% dengan nilai 53,181 mm. Penambahan etanol pada bahan bakar biodiesel nyamplung menyebabkan nilai tinggi api meningkat.

4.1.3 Hasil uji karakteristik bahan bakar

Hasil uji kromatografi digunakan untuk menentukan rasio udara dengan bahan bakar. Uji kromatografi *biodiesel* nyamplung dilakukan di Laboratorium Biosains politeknik Negeri Jember. Gambar 4.6 menunjukkan hasil uji GC- MS *biodiesel* nyamplung.



Gambar 4.6 GC-MS (gas chromatography-mass spectroscopy) biodiesel nyamplung

Tabel 4.4 Menunjukkan komposisi molekul dari hasil uji kromatografi molekul *biodiesel* nyamplung.

Tabel 4.4 Komposisi *biodiesel* nyamplung

Peak	R. Time	Area	Area %	Height	Height %	Name
	4.100	383098433	22.30	17926172	14.78	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS)

Pengujian bahan bakar dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan *biodiesel* dan *ethanol* terhadap densitas, viskositas, titik nyala dan angka setana. Keterangan karakteristik bahan bakar *biodiesel* nyamplung dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Karakteristik bahan bakar *biodiesel* nyamplung

No	Parameter	Satuan	Metode Uji	Biodiesel Nyamplung
1	Massa Jenis pada 40°C	kg/m ³	ASTM D1298	888,6
2	Viskositas Kinetik pada 40°C	mm ² /s(cSt)	ASTM D445	7,724
3	Bilangan Setana		ASTM D613	51,9
4	Titik Nyala	°C	ASTM D93	151
5	Titik kabut	°C	ASTM D2500	38
6	Korosi kepingan tembaga		ASTM D130	1
7	Residu karbon	%massa	ASTM D4530	0,434
8	Air dan sedimen	%volume	ASTM D1796	0

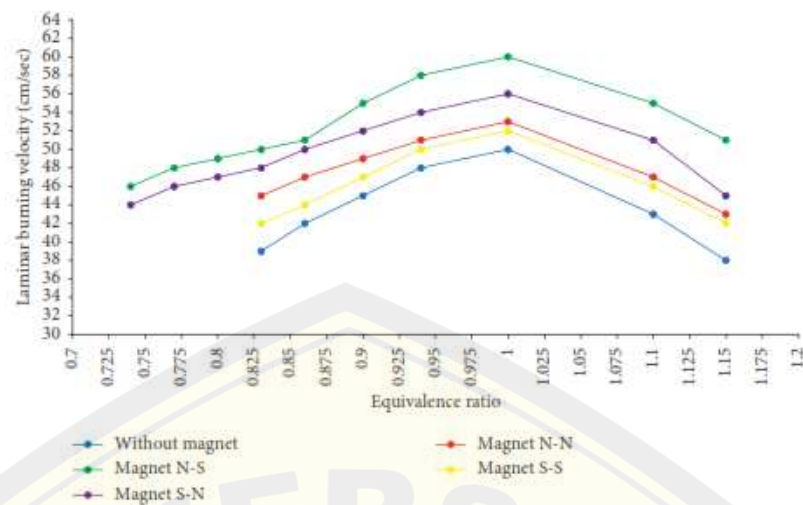
9	Suhu distilasi 90%	°C	ASTM D1160	340
10	Abu tersulfatkan	%massa	ASTM D874	0,026
11	Belerang	Ppm-m (mg/kg)	ASTM D1266	16
12	Fosfor	Ppm-m (mg/kg)	ASTM D1091	0,223
13	Bilangan asam	Mg KOH/g	AOCSCd 3d-63	0,76
14	Gliserol total	%massa	AOCSCa 14-56	0,232
15	Kadar <i>ester alkil</i>	%massa	SNI04-7182- 2006	96,99
16	Bilangan iodium	%massa (g12/100g)	AOCS Cd1-25	85

4.2 Pembahasan

Hasil pengujian ini menjelaskan tentang laju pembakaran api laminar dan tinggi api dengan variasi komposisi bahan bakar, ekuivalen ratio (ϕ) dan induksi medan magnet.

4.2.1 Laju Pembakaran Laminar

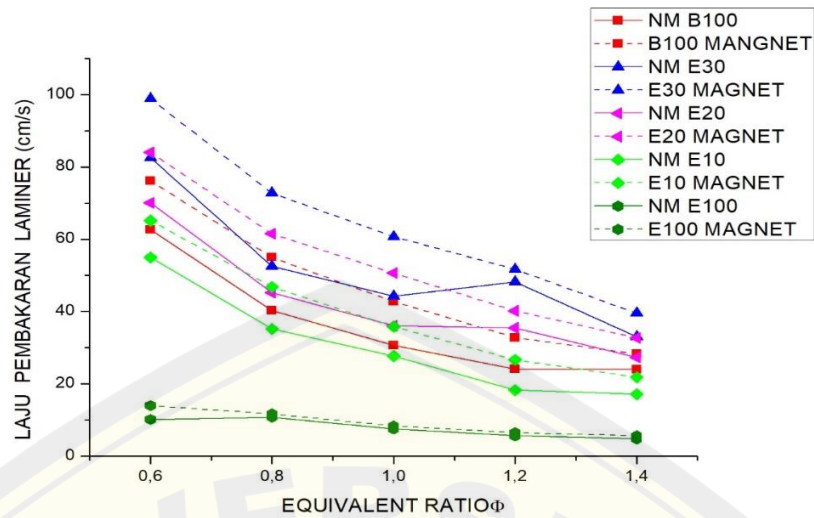
Hasil penelitian laju pembakaran laminar *biodiesel* nyamplung dan etanol dengan penambahan induksi medan magnet agar tidak menyimpang dari metode yang pernah digunakan sebelumnya, maka dilakukan perbandingan dengan penelitian (Perdana et al., 2020). Data penelitian dari literatur dapat diamati pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Kecepatan pembakaran laminar minyak kelapa versus rasio ekivalensi pada berbagai orientasi medan magnet dan tanpa medan magnet.

Hasil menunjukkan bahwa data yang ada tidak terlalu jauh dari nilai trend laju pembakaran yang pernah dilakukan oleh (Perdana et al., 2020). Lebih cepat pada tiang N-N, perubahan kecepatan pembakaran karena perubahan arah kutub magnet pada kelapa lebih besar, menunjukkan bahwa panas produk di H₂O itu dipompa oleh magnet menjadi faktor penting dalam pembakaran kelapa untuk mengatasi gaya tarik antar molekul yang diakibatkan oleh tiang magnet lebih kuat untuk proses penguapan.

Laju pembakaran laminar pada biodiesel nyamplung dan etanol dengan penambahan induksi medan magnet menggunakan *Bunsen burner*, dalam Hasil penelitian dengan variasi komposisi bahan bakar dan ekivalen ratio (ϕ) dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Grafik laju pembakaran laminar

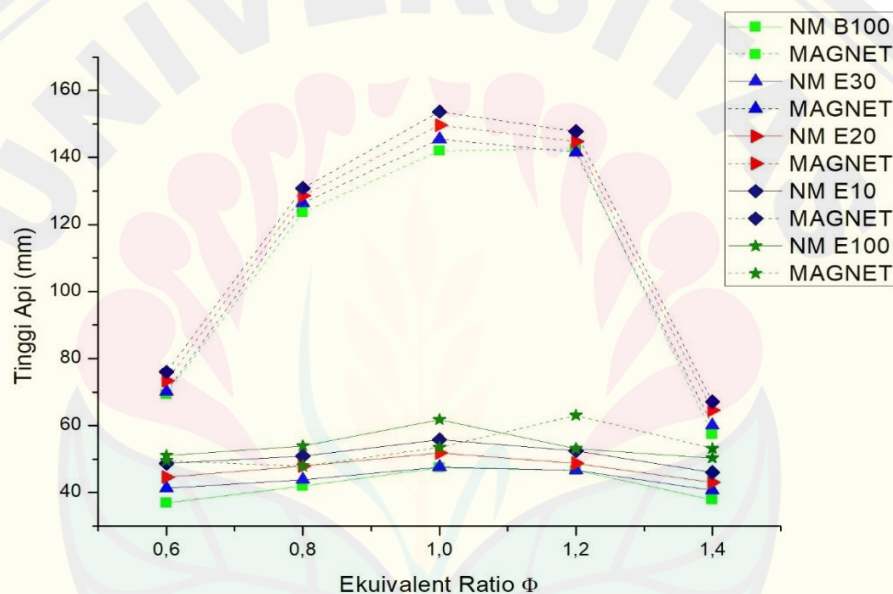
Dari Gambar 4.8 dapat diamati bahwa laju pembakaran laminar dengan penambahan medan magnet pada $\phi = 0,6$ menghasilkan laju pembakaran laminar tertinggi dibandingkan dengan laju pembakaran laminar pada (ϕ) lainnya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan bahan bakar biodiesel murni dan etanol tanpa tambahan, dengan biodiesel yang ditambahkan dengan etanol pada komposisi yang telah ditentukan. Dengan komposisi bahan bakar E30% biodiesel menghasilkan laju pembakaran laminar tertinggi jika dibandingkan dengan komposisi bahan bakar B100%, E20%, E10%, E100% pada $\phi = 0,6$ dengan magnet. Laju pembakaran laminar pada E20% hampir mendekati komposisi campuran E30%. Nilai laju pembakaran laminar pada komposisi E20% dengan penambahan magnet sebesar 83,978 cm/s sedangkan pada E30% dengan penambahan magnet sebesar 98,809 cm/s.

Dari pengamatan yang telah dilakukan dengan pencampuran etanol pada biodiesel nyamplung serta penambahan medan magnet pada nyala api *premixed* mempengaruhi laju pembakaran laminar. Pencampuran biodiesel dengan etanol serta penambahan induksi medan magnet menyebabkan peningkatan nilai laju pembakaran laminar. Dapat diamati bahwa pada Gambar 4.16 semakin bertambah komposisi etanol pada biodiesel nyamplung serta penambahan medan magnet menyebabkan terjadi peningkatan laju pembakaran laminar. Hal ini dikarenakan induksi medan magnet

mengikat O_2 pada saat pembakaran. Nilai laju pembakaran pada $\phi = 1,4$ lebih rendah jika dibandingkan dengan laju pembakaran pada $\phi = 0,6$, $\phi = 0,8$, $\phi = 0,1$ dan $\phi = 1,2$. Dikarenakan laju pembakaran pada $\phi = 1,4$ memiliki komposisi lebih banyak bahan bakar.

4.2.2 Tinggi Api

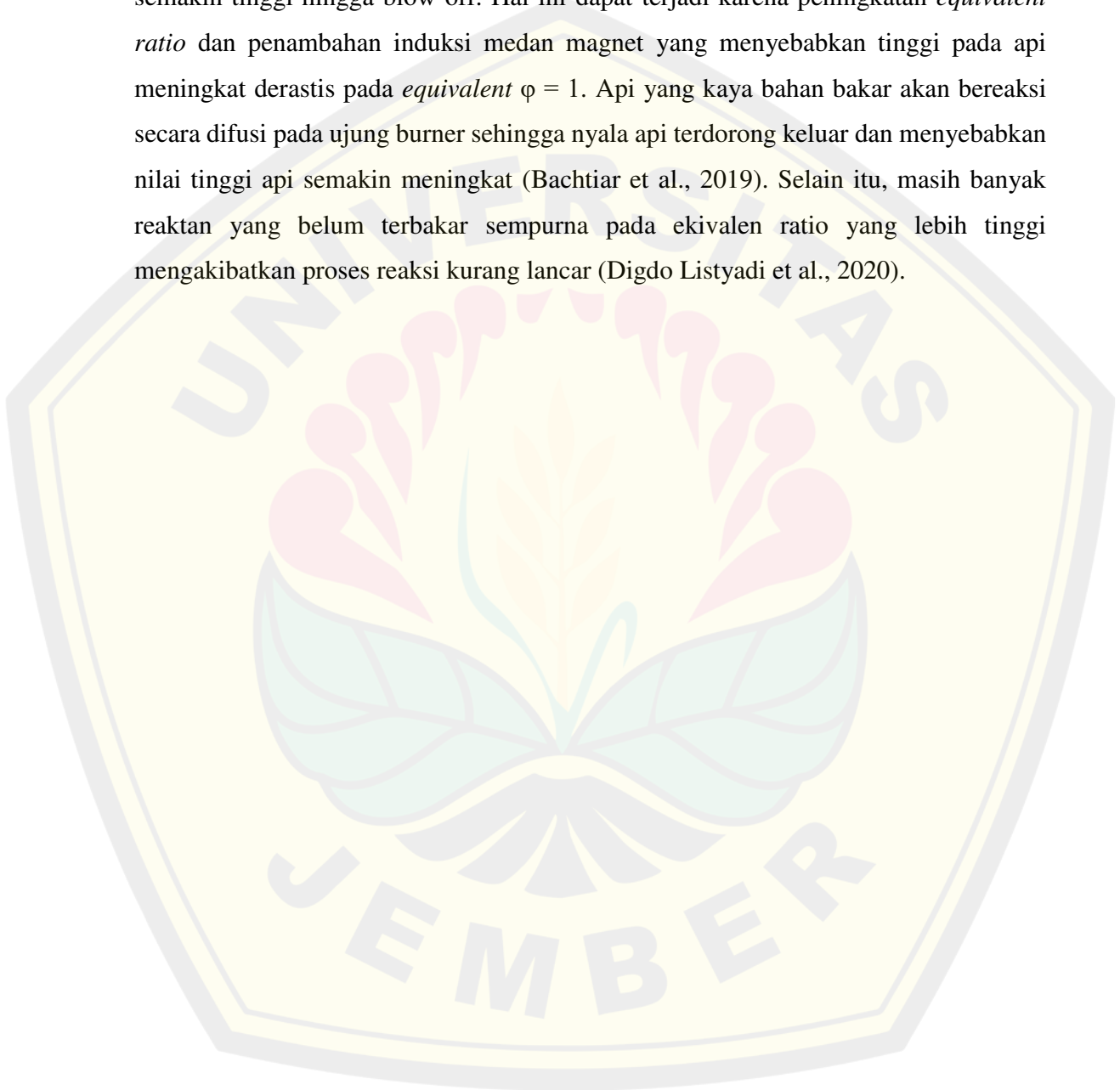
Hasil penelitian karakteristik api pembakaran biodiesel nyamplung dan etanol dengan penambahan induksi medan magnet menggunakan *bunsen burner* menghasilkan data tinggi api tanpa magnet dan induksi magnet. Hasil pengujian tinggi api dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Grafik tinggi api

Pada Gambar 4.9 memperlihatkan grafik perbandingan tinggi api. Bahan bakar E10% dengan penambahan induksi medan magnet memiliki tinggi api yang paling tinggi jika dibandingkan dengan E20%, E30%, B100% biodiesel nyamplung, dan E100%. Nilai tinggi api dipengaruhi oleh karakteristik bahan bakar dan penambahan induksi medan magnet. Biodiesel nyamplung memiliki nilai densitas dan viskositas yang lebih tinggi dibandingkan etanol. Hal ini pasti mempengaruhi nyala api dan

penguapan bahan bakar (B.N. Riwu et al., 2016). Semakin tinggi viskositas akan menyebabkan nilai tinggi api cenderung meningkat dikarenakan bahan bakar tidak terbakar secara sempurna yang mengakibatkan bahan bakar terdorong keluar pada ujung bunsen burner (Wirawan et al., 2014);(Banjari et al., 2015). Bahan bakar E10% pada *equivalent* $\phi = 1$ menghasilkan tinggi api maksimal. Pola api E10% terlihat semakin tinggi hingga blow off. Hal ini dapat terjadi karena peningkatan *equivalent ratio* dan penambahan induksi medan magnet yang menyebabkan tinggi pada api meningkat drastis pada *equivalent* $\phi = 1$. Api yang kaya bahan bakar akan bereaksi secara difusi pada ujung burner sehingga nyala api terdorong keluar dan menyebabkan nilai tinggi api semakin meningkat (Bachtiar et al., 2019). Selain itu, masih banyak reaktan yang belum terbakar sempurna pada ekivalen ratio yang lebih tinggi mengakibatkan proses reaksi kurang lancar (Digdo Listyadi et al., 2020).



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan metode dan hasil yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian karakteristik api pembakaran biodiesel nyamplung dan etanol pada komposisi campuran bahan bakar E100% etanol, B100% biodiesel, E10% biodiesel, E20% biodiesel, E30% berpengaruh terhadap karakteristik nyala api pembakaran pada laju pembakaran laminar, hal tersebut dibuktikan pada ekivalent ratio $\varphi = 0,6$ dengan nilai 82,504 cm/s.
2. Hasil karakteristik nyala api dipengaruhi oleh kekuatan medan magnet pada komposisi campuran bahan bakar E100% etanol, B100% biodiesel, E10% biodiesel, E20% biodiesel, E30%, dibuktikan dengan adanya peningkatan di setiap komposisi bahan bakar dengan ekivalent ratio masing-masing ($\varphi = 0,6$: 14,003 cm/s ; 76,144 cm/s; 65,153 cm/s; 83,978 cm/s; 98,809 cm/s untuk laju pembakaran laminar) dan ($\varphi = 1$: 53,460 cm/s; 141,938 cm/s; 153,645 cm/s; 149,692 cm/s; 145,464 cm/s untuk tinggi api).

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut menggunakan bahan bakar dan keterbaharuan *energy* lainnya.
2. Penelitian lanjutan mengenai Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian biodiesel nyamplung + etanol pada semprotan bahan bakar (*spray*) Selain itu disarankan juga untuk mengembangkan kesetabilan nyala api pada Bunsen burner *Y jungtion* yang sudah di buat agar lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aristyanto, A. (2020). Peranan Variasi Perforated Plate Burner Pada Pembakaran Premixed Minyak Kelapa Murni Terhadap Karakteristik Nyala Api. *Mechonversio: Mechanical Engineering Journal*, 3(1), 18. <https://doi.org/10.51804/mmej.v3i1.835>
- Arumugam, A., & Ponnusami, V. (2018). Biodiesel production from Calophyllum inophyllum oil a potential non-edible feedstock: An overview. *Renewable Energy*, 131, 1–59. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.059>
- B.N. Riwu, D., Wardana, I. N. G., & Yuliati, L. (2016). Kecepatan Pembakaran Premixed Campuran Minyak Jarak - Liquefied Petroleum Gas (LPG) pada Circular Tube Burner. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2), 41–47. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2016.007.02.1>
- Bachtiar, H. H., Fachri, B. A., & Ilminnafik, N. (2019). Flame characteristics of diffusion of calophyllum inophyllum methyl ester on mini glass tube. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 57(1), 40–47.
- Bahri La Muhaya, S., Wardana, I., & Widhiyanuriyawan, D. (2015). Pembakaran Premixed Minyak Nabati pada Bunsen Burner Type Silinder. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(1), 45–49. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2015.006.01.7>
- Banjari, M. A. Al, Yuliati, L., & As'ad Sonief, A. (2015). Karakteristik Pembakaran Difusi Campuran Biodiesel Minyak Jarak Pagar (*Jathropa Curcas L*) - Etanol/Metanol Pada Mini Glass Tube. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(1), 85–93. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2015.006.01.12>
- Caroko, N., Wahyudi, & Kurniawan, A. (2015). Analisa karakteristik pembakaran briket limbah industri kelapa sawit dengan variasi perekat dan temperatur dinding tungku 300 0 c menggunakan metode. *Simposium Nasional Teknologi Terapan*, 3(November 2014). <http://thesis.ums.ac.id/datapublik/t51004.pdf>
- Digdo Listyadi, S., Ilminafik, N., Sutjahjono, H., Tri Vicca, D., & Al Farisi, S. (2020). Premixed Combustion Characteristics Between Biosolar That Produced Pertamina with Biodiesel from Coconut Waste (*Cocos Nucifera*). *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15(6), 1502–1507. <https://doi.org/10.36478/jeasci.2020.1502.1507>
- Erawan, I. B. (2018). Analisis Karakteristik Api Premixed Biogas dengan Campuran Butana. In *Skripsi*.
- Fadhullah, M., Widiyanto, S. N. B., & Restiawaty, E. (2015). The potential of

nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) seed oil as biodiesel feedstock: Effect of seed moisture content and particle size on oil yield. *Energy Procedia*, 68, 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.03.246>

Jakfar, A., & Sudarmanta, B. (2014). *Pembuatan dan pengujian biodiesel biji nyamplung pada mesin diesel multi injeksi dengan variasi komposisi campuran biodiesel dan biosolar. Februari.*

Juwono, H., Triyono, Sutarno, Triwahyuni, E., Ulfin, I., & Kurniawan, F. (2017). production of biodiesel from seed oil of nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) by AL-MCM-41 and its performance in diesel engine. *Indonesian Journal of Chemistry*, 17(2), 316–321. <https://doi.org/10.22146/ijc.24180>

Muderawan, I. W., & Daiwataningsih, N. K. P. (2016). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L.) dan Analisis Metil Esternya dengan GC-MS. *Jurnal FMIPA*, 324–331.

Musta, R., Haetami, A., & Salmawati, M. (2017). Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Dengan Metanol. *Indo. J. Chem. Res.*, 4(2), 394–401. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2017.4-rus>

Nanthagopal, K., Ashok, B., Garnepudi, R. S., Tarun, K. R., & Dhinesh, B. (2019). Investigation on diethyl ether as an additive with *Calophyllum Inophyllum* biodiesel for CI engine application. *Energy Conversion and Management*, 179(x), 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.10.064>

Ong, H. C., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., & Norhasyima, R. S. (2011). Comparison of palm oil, *Jatropha curcas* and *Calophyllum inophyllum* for biodiesel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3501–3515. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.05.005>

Perdana, D., Yuliati, L., Hamidi, N., & Wardana, I. N. G. (2020). *The Role of Magnetic Field Orientation in Vegetable Oil Premixed Combustion. 2020.*

Prasetyo, D. H. T., Ilminnafik, N., & Junus, S. (2019). The Flame Characteristics of Diesel Fuel Blend with Kepuh (*Sterculia Foetida*) Biodiesel. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology*, 3(2), 70–80. <https://doi.org/10.17977/um016v3i22019p070>

Prihanto, A., & Rahayu, L. H. (2015). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung melalui Esterifikasi, Netralisasi dan Transesterifikasi. *Jurnal Penelitian*, 11(1), 1–6.

Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D., Giakoumis, E. G., Papagiannakis, R. G., & Kyritsis, D. C. (2014). *In fl uence of properties of various common bio-fuels on*

the combustion and emission characteristics of high-speed DI (direct injection) diesel engine : Vegetable oil , bio-diesel , ethanol , n -butanol , diethyl ether. 73, 354–366.

- Soebiyakto, G., Wardana, I. N. G., Hamidi, N., & Yuliati, L. (2016). *Pengaruh Medan Magnet Terhadap Warna Api Pembakaran Premix Minyak Kelapa.* 8, 17–20.
- Soebiyakto, G., Wardana, I. N. G., Hamidi, N., & Yuliati, L. (2020). PREMIXED COMBUSTION OF VEGETABLE OIL IN A CYLINDER WITH 4 MAGNETIC POLES. *JOURNAL OF SOUTHWEST JIAOTONG UNIVERSITY*, 435(122), 11090.
- Sukri, Sasongko, M. N., & Widodo, T. D. (2021). Pengaruh Campuran Bahan Bakar Biodiesel WCO - Diesel terhadap Karakteristik Api Hasil Pembakaran Spray Difusi pada Concentric Jet Burner. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(2), 459–466. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.02.22>
- Thiyagarajan, S., Sonthalia, A., Geo, V. E., Ashok, B., Nanthagopal, K., Karthickeyan, V., & Dhinesh, B. (2019). Effect of electromagnet-based fuel-reforming system on high-viscous and low-viscous biofuel fueled in heavy-duty CI engine. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 138(1), 633–644. <https://doi.org/10.1007/s10973-019-08123-w>
- Tobe, A. Y., Riwu, D. B. N., Pah, J. C. A., & Liba, K. G. H. (2020). *Pengaruh Penambahan Solar Murni terhadap Karakteristik Pembakaran Difusi Uap Minyak Kelapa.* 07(02), 45–49.
- Triwibowo, B. (2013). Teori Dasar Simulasi Proses Pembakaran Limbah Vinasse Dari Industri Alkohol Berbasis Cfd. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 2(2), 74053. <https://doi.org/10.15294/jbat.v2i2.2795>
- Wirawan, I. K. G., Wardana, I. N. G., Soenoko, R., & Wahyudi, S. (2013). Premixed combustion of coconut oil on perforated burner. *International Journal of Renewable Energy Development*, 2(3), 133–139. <https://doi.org/10.14710/ijred.2.3.133-139>
- Wirawan, I. K. G., Wardana, I. N. G., Soenoko, R., & Wahyudi, S. (2014). Premixed combustion of kapok (Ceiba pentandra) seed oil on perforated burner. *International Journal of Renewable Energy Development*, 3(2), 91–97. <https://doi.org/10.14710/ijred.3.2.91-97>
- Wu, W., Qu, J., Zhang, K., Chen, W., & Li, B. (2016). Experimental Studies of Magnetic Effect on Methane Laminar Combustion Characteristics. *Combustion Science and Technology*, 2202(February).

<https://doi.org/10.1080/00102202.2015.1119825>

Xie, Y., Wei, Z., Zhou, T., Zhen, H., Liu, Z., & Huang, Z. (2021). Combustion Characteristics of Small Laminar Flames in an Upward Decreasing Magnetic Field. *Energies*, 14(7), 1969. <https://doi.org/10.3390/en14071969>

Zhen, H. S., Leung, C. W., Cheung, C. S., & Huang, Z. H. (2014). Characterization of biogas-hydrogen premixed flames using Bunsen burner. *International Journal of Hydrogen Energy*, 39(25), 13292–13299. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.06.126>

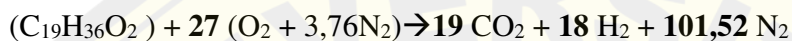
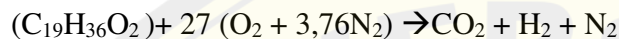
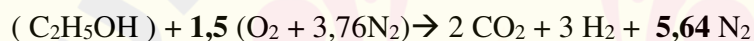
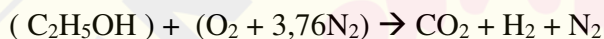
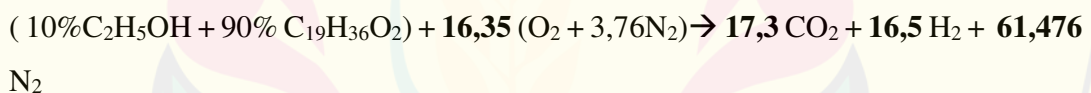
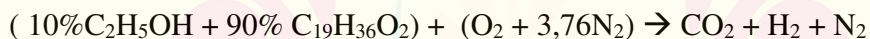
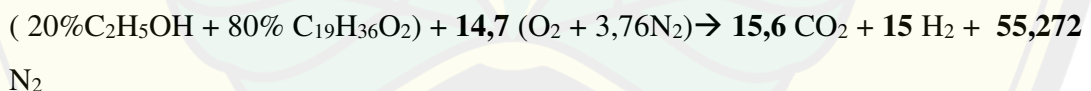
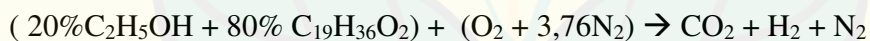
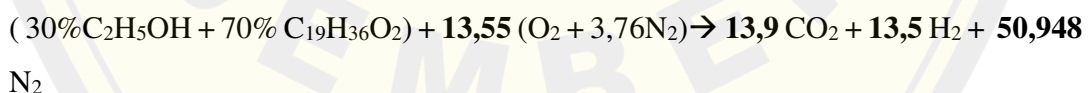
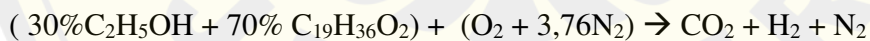


LAMPIRAN

A. Menghitung nilai debit udara

<i>Biodiesel</i> nyamplung	$C_{19}H_{36}O_2$
<i>Ethanol</i>	C_2H_5OH
Udara	$(O_2 + 3,76N_2)$
Produk Pembakaran	$CO_2 + H_2 + N_2$

Reaksi pembakaran

1. *Biodiesel* nyamplung2. *Ethanol*3. E10 (10% *Ethanol* + 90% *Biodiesel* nyamplung)4. E20 (20% *Ethanol* + 80% *Biodiesel* nyamplung)5. E30 (30% *Ethanol* + 70% *Biodiesel* nyamplung)

Perhitungan AFR (0,6) (0,8) (1) (1,2) (1,4)

Biodiesel Nyamplung

$$\varphi = 0,6$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{27}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{27}{0,6} = 45$$

$$\varphi = 0,8$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{27}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{27}{0,8} = 33,8$$

$$\varphi = 1$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{27}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{27}{1} = 27$$

$$\varphi = 1,2$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{27}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{27}{1,2} = 22,5$$

$$\varphi = 1,4$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{27}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{27}{1,4} = 19,3$$

ETHANOL

$$\varphi = 0,6$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{1,5}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{1,5}{0,6} = 2,5$$

$$\varphi = 0,8$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{1,5}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{1,5}{0,8} = 1,9$$

$$\varphi = 1$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{1,5}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{1,5}{1} = 1,5$$

$$\varphi = 1,2$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{1,5}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{1,5}{1,2} = 1,3$$

$$\varphi = 1,4$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{1,5}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{1,5}{1,4} = 1,1$$

E10 (10% Ethanol + 90% Biodiesel nyamplung)

$$\varphi = 0,6$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{16,35}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{16,35}{0,6} = 27,2$$

$$\varphi = 0,8$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{16,35}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{16,35}{0,8} = 20,4$$

$$\varphi = 1$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{16,35}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{16,35}{1} = 16,3$$

$$\varphi = 1,2$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{16,35}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{16,35}{1,2} = 13,7$$

$$\varphi = 1,4$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{16,35}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{16,35}{1,4} = 11,7$$

E20 (20% Ethanol + 80% Biodiesel nyamplung)

$$\varphi = 0,6$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{14,7}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{14,7}{0,6} = 24,5$$

$$\varphi = 0,8$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{14,7}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{14,7}{0,8} = 18,3$$

$$\varphi = 1$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{14,7}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{14,7}{1} = 14,7$$

$$\varphi = 1,2$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{14,7}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{14,7}{1,2} = 12,2$$

$$\varphi = 1,4$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{14,7}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{14,7}{1,4} = 10,5$$

E30 (30% Ethanol + 70% Biodiesel nyamplung)

$$\varphi = 0,6$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{13,55}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{13,55}{0,6} = 22,58$$

$$\varphi = 0,8$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{13,55}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{13,55}{0,8} = 16,94$$

$$\varphi = 1$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{13,55}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{13,55}{1} = 13,5$$

$$\varphi = 1,2$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{13,55}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{13,55}{1,2} = 11,3$$

$$\varphi = 1,4$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{AFR \text{ aktual}}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{AFR \text{ stokiometri}}{13,55}$$

$$AFR \text{ aktual} = \frac{13,55}{1,4} = 9,7$$

Debit bahan bakar dalam 1 ml/menit

$$Q = V = 1 \text{ ml t menit}$$

Debit bahan bakar yang digunakan 1 ml/menit

$$V = 1 \text{ ml}$$

$$= 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{menit}$$

$$= 0,000001 \text{ m}^3 / \text{menit}$$

$$\rho \text{ Biodiesel nyamplung} = 855,8 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho \text{ Ethanol} = 789,3 \text{ kg/m}^3$$

- Perhitungan massa (m) bahan bakar setiap 1 menit pada *ethanol* dan *biodiesel* nyamplung

Massa *biodiesel* nyamplung

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

$$855,8 \text{ kg/m}^3 = \frac{m}{0,000001} = 855,8 \text{ kg/m}^3 \times 0,000001 \text{ m}^3 / \text{menit}$$

$$m = 0,0008558 \quad \text{kg}$$

$$m = 0,8558 \quad \text{g}$$

Massa *Ethanol*

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

$$789,3 \text{ kg/m}^3 = \frac{m}{0,000001} = 783,9 \text{ kg/m}^3 \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$m = 0,0007839 \quad \text{kg}$$

$$m = 0,7839 \quad \text{g}$$

Kemudian dilakukan perhitungan massa pada komposisi bahan bakar

Jadi massa bahan bakar sebagai berikut

$$m \text{ Biodiesel nyampllung} = 0,8558 \quad \text{g}$$

$$m \text{ Ethanol} = 0,7839 \quad \text{g}$$

$$m \text{ E10 (10\% Ethanol + 90\% Biodiesel nyampllung)} = 0,84861 \quad \text{g}$$

$$m \text{ E20 (20\% Ethanol + 80\% Biodiesel nyampllung)} = 0,84142 \quad \text{g}$$

$$m \text{ E30 (30\% Ethanol + 70\% Biodiesel nyampllung)} = 0,83423 \quad \text{g}$$

- Dilanjutkan dengan menghitung massa relatif (Mr) pada campuran bahan bakar

***Biodiesel Nyampllung* C₁₉H₃₆O₂**

$$\text{C } 12,0115 \times 19 = 228,2185$$

$$\text{H } 1,0079 \times 36 = 36,2844$$

$$\text{O } 15,9994 \times 2 = \underline{31,9988}$$

$$296,5017$$

***Etanol* C₂H₅OH**

$$\text{C } 12,0115 \times 2 = 24,023$$

$$\text{H } 1,0079 \times 6 = 6,0474$$

$$\text{O } 15,9994 \times 1 = \underline{15,9994}$$

$$46,0698$$

Mr Biodiesel Nyampllung $C_{19}H_{36}O_2$ = 296,5017

Mr Etanol C_2H_5OH = 46,0698

Massa relatif pada setiap bahan bakar dilakukan perhitungan pada bahan bakar dan kemudian dilanjutkan mencari mol bahan Bakar.

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

m B100 (100% Biodiesel) = 0,002887 mol

m E100 (100% Ethanol) = 0,017016 mol

m E10 (10% Ethanol + 90% Biodiesel nyampllung) = 0,0042999 mol

m E20 (20% Ethanol + 80% Biodiesel nyampllung) = 0,0057128 mol

m E30 (30% Ethanol + 70% Biodiesel nyampllung) = 0,0071257 mol

- Nilai AFR dapat dihitung dengan masing-masing mol bahan bakar yang telah diketahui

B100 (100% Biodiesel)

$\varphi 0,6$	45 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,129915 mol udara	:	0,002887 mol bahan bakar
$\varphi 0,8$	33,8 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,0975806 mol udara	:	0,002887 mol bahan bakar
$\varphi 1$	27 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,077949 mol udara	:	0,002887 mol bahan bakar
$\varphi 1,2$	22,5 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,0649575 mol udara	:	0,002887 mol bahan bakar
$\varphi 1,4$	19,3 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,0557191 mol udara	:	0,002887 mol bahan bakar

E100 (100% *Ethanol*)

$\varphi 0,6$	2,5	mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,04254	mol udara	:	0,017016 mol bahan bakar
$\varphi 0,8$	1,9	mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,0323304	mol udara	:	0,017016 mol bahan bakar
$\varphi 1$	1,5	mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,025524	mol udara	:	0,017016 mol bahan bakar
$\varphi 1,2$	1,3	mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,0221208	mol udara	:	0,017016 mol bahan bakar
$\varphi 1,4$	1,1	mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,0187176	mol udara	:	0,017016 mol bahan bakar

E10 (10% *Ethanol* + 90% *Biodiesel* nyampplung)

$\varphi 0,6$	27,2	mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,11695728	mol udara	:	0,0042999 mol bahan bakar
$\varphi 0,8$	20,4	mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,08771796	mol udara	:	0,0042999 mol bahan bakar
$\varphi 1$	16,3	mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,07008837	mol udara	:	0,0042999 mol bahan bakar
$\varphi 1,2$	13,7	mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,05890863	mol udara	:	0,0042999 mol bahan bakar
$\varphi 1,4$	11,7	mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,05030883	mol udara	:	0,0042999 mol bahan bakar

E20 (20% *Ethanol* + 80% *Biodiesel* nyampplung)

$\varphi 0,6$	24,5	mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,1399636	mol udara	:	0,0057128 mol bahan bakar
$\varphi 0,8$	18,3	mol udara	:	1 mol bahan bakar

	0,10454424 mol udara	:	0,0057128 mol bahan bakar
$\varphi 1$	14,7 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,08397816 mol udara	:	0,0057128 mol bahan bakar
$\varphi 1,2$	12,2 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,06969616 mol udara	:	0,0057128 mol bahan bakar
$\varphi 1,4$	10,5 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,0599844 mol udara	:	0,0057128 mol bahan bakar

E30 (30% *Ethanol* + 70% *Biodiesel* nyamplung)

$\varphi 0,6$	22,58 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,160898306 mol udara	:	0,0071257 mol bahan bakar
$\varphi 0,8$	16,94 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,120709358 mol udara	:	0,0071257 mol bahan bakar
$\varphi 1$	13,5 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,09619695 mol udara	:	0,0071257 mol bahan bakar
$\varphi 1,2$	11,3 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,08502041 mol udara	:	0,0071257 mol bahan bakar
$\varphi 1,4$	9,7 mol udara	:	1 mol bahan bakar
	0,06911929 mol udara	:	0,0071257 mol bahan bakar

- Mol udara dari masing-masing komposisi bahan bakar yang telah diketahui akan dilakukan perhitungan massa udara

Mr Udara = 28,84 gram/mol

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

$$m = n \times Mr$$

B100 (100% Biodiesel)

Φ 0,6 =	n	x	Mr		
	0,129915	x	28,84	= 3,7467486	g = 0,0037467486 kg
Φ 0,8 =	n	x	Mr		
	0,0975806	x	28,84	= 2,814224504	g = 0,002814224504 kg
Φ 1 =	n	x	Mr		
	0,077949	x	28,84	= 2,24804916	g = 0,00224804916 kg
Φ 1,2 =	n	x	Mr		
	0,0649575	x	28,84	= 1,8733743	g = 0,0018733743 kg
Φ 1,4 =	n	x	Mr		
	0,0557191	x	28,84	= 1,606938844	g = 0,001606938844 kg

E100 (100% Ethanol)

Φ 0,6 =	n	x	Mr		
	0,04254	x	28,84	= 1,2268536	g = 0,0012268536 kg
Φ 0,8 =	n	x	Mr		
	0,0323304	x	28,84	= 0,932408736	g = 0,000932408736 kg
Φ 1 =	n	x	Mr		
	0,025524	x	28,84	= 0,73611216	g = 0,00073611216 kg
Φ 1,2 =	n	x	Mr		
	0,0221208	x	28,84	= 0,637963872	g = 0,000637963872 kg
Φ 1,4 =	n	x	Mr		
	0,0187176	x	28,84	= 0,539815584	g = 0,000539815584 kg

E10 (10% *Ethanol* + 90% *Biodiesel* nyampllung)

$$\Phi 0,6 = n \times Mr$$

$$0,11695728 \times 28,84 = 3,3730479552 \quad g = 0,0033730479552 \text{ kg}$$

$$\Phi 0,8 = n \times Mr$$

$$0,08771796 \times 28,84 = 2,5297859664 \quad g = 0,0025297859664 \text{ kg}$$

$$\Phi 1 = n \times Mr$$

$$0,07008837 \times 28,84 = 2,0213485908 \quad g = 0,0020213485908 \text{ kg}$$

$$\Phi 1,2 = n \times Mr$$

$$0,05890863 \times 28,84 = 1,6989248892 \quad g = 0,0016989248892 \text{ kg}$$

$$\Phi 1,4 = n \times Mr$$

$$0,05030883 \times 28,84 = 1,4509066572 \quad g = 0,0014509066572 \text{ kg}$$

E20 (20% *Ethanol* + 80% *Biodiesel* nyampllung)

$$\Phi 0,6 = n \times Mr$$

$$0,1399636 \times 28,84 = 4,036550224 \quad g = 0,004036550224 \text{ kg}$$

$$\Phi 0,8 = n \times Mr$$

$$0,10454424 \times 28,84 = 3,0150558816 \quad g = 0,0030150558816 \text{ kg}$$

$$\Phi 1 = n \times Mr$$

$$0,08397816 \times 28,84 = 2,4219301344 \quad g = 0,0024219301344 \text{ kg}$$

$$\Phi 1,2 = n \times Mr$$

$$0,06969616 \times 28,84 = 2,0100372544 \quad g = 0,0020100372544 \text{ kg}$$

$$\Phi 1,4 = n \times Mr$$

$$0,0599844 \times 28,84 = 1,729950096 \quad g = 0,001729950096 \text{ kg}$$

E30 (30% *Ethanol* + 70% *Biodiesel* nyampllung)

$$\Phi 0,6 = n \times Mr$$

$$0,160898306 \times 28,84 = 4,64030714504 \quad g = 0,00464030714504 \text{ kg}$$

$$\Phi 0,8 = n \times Mr$$

$$0,120709358 \times 28,84 = 3,48125788472 \quad g = 0,00348125788472 \text{ kg}$$

$$\Phi 1 = n \times Mr$$

$$0,09619695 \times 28,84 = 2,774320038 \quad g = 0,002774320038 \text{ kg}$$

$$\Phi 1,2 = n \times Mr$$

$$0,08502041 \times 28,84 = 2,4519886244 \quad g = 0,0024519886244 \text{ kg}$$

$$\Phi 1,4 = n \times Mr$$

$$0,06911929 \times 28,84 = 1,9934003236 \quad g = 0,0019934003236 \text{ kg}$$

- Massa per menit udara telah dihitung maka diubah menjadi volume agar dapat menghitung debit pada masing-masing bahan bakar (v/t)

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

$$\rho \text{ Udara} = \frac{M}{V}$$

$$v = \frac{M}{P}$$

Volume tiap komposisi bahan bakar

B100 (100% Biodiesel)

$\varphi_{0,6} =$	m	X	ρ				
	0,0037	X	1,2	0,00444	m^3	= 4,44	liter = 4.440 ml
$\varphi_{0,8} =$	m	X	ρ				
	0,0028	X	1,2	0,00336	m^3	= 3,36	liter = 3.360 ml
$\varphi_1 =$	m	X	ρ				
	0,0022	X	1,2	0,00264	m^3	= 2,64	liter = 2.640 ml
$\varphi_{1,2} =$	m	X	ρ				
	0,0018	X	1,2	0,00216	m^3	= 2,16	liter= 2.160 ml
$\varphi_{1,4} =$	m	X	ρ				
	0,0016	X	1,2	0,00192	m^3	= 1,92	liter = 1.920 ml

E100 (100% Ethanol)

$\varphi_{0,6} =$	m	X	ρ				
	0,0012	X	1,2	0,00144	m^3	= 1,44	liter = 1.440 ml
$\varphi_{0,8} =$	m	X	ρ				
	0,0009	X	1,2	0,00108	m^3	= 1,08	liter= 1.080 ml
$\varphi_1 =$	m	X	ρ				
	0,0007	X	1,2	0,00084	m^3	= 0,84	liter = 840 ml
$\varphi_{1,2} =$	m	X	ρ				
	0,0006	X	1,2	0,00072	m^3	= 0,72	liter =720 ml
$\varphi_{1,4} =$	m	X	ρ				
	0,0005	X	1,2	0,0006	m^3	= 0,6	liter = 600 ml

E10 (10% Ethanol + 90% Biodiesel nyamplung)

$$\varphi_{0,6} = \begin{matrix} \text{m} & \text{X} & \rho \\ 0,0033 & \text{X} & 1,2 \end{matrix} \quad 0,00396 \text{ m}^3 = 3,96 \quad \text{liter} = 3.960 \text{ ml}$$

$$\varphi_{0,8} = \begin{matrix} \text{m} & \text{X} & \rho \\ 0,0025 & \text{X} & 1,2 \end{matrix} \quad 0,003 \text{ m}^3 = 3 \quad \text{liter} = 3.000 \text{ ml}$$

$$\varphi_1 = \begin{matrix} \text{m} & \text{X} & \rho \\ 0,0020 & \text{X} & 1,2 \end{matrix} \quad 0,0024 \text{ m}^3 = 2,4 \quad \text{liter} = 2.400 \text{ ml}$$

$$\varphi_{1,2} = \begin{matrix} \text{m} & \text{X} & \rho \\ 0,0016 & \text{X} & 1,2 \end{matrix} \quad 0,00192 \text{ m}^3 = 1,92 \quad \text{liter} = 1.920 \text{ ml}$$

$$\varphi_{1,4} = \begin{matrix} \text{m} & \text{X} & \rho \\ 0,0014 & \text{X} & 1,2 \end{matrix} \quad 0,00168 \text{ m}^3 = 1,68 \quad \text{liter} = 1.680 \text{ ml}$$

E20 (20% Ethanol + 80% Biodiesel nyamplung)

$$\varphi_{0,6} = \begin{matrix} \text{m} & \text{X} & \rho \\ 0,0040 & \text{X} & 1,2 \end{matrix} \quad 0,0048 \text{ m}^3 = 4,8 \quad \text{liter} = 4.800 \text{ ml}$$

$$\varphi_{0,8} = \begin{matrix} \text{m} & \text{X} & \rho \\ 0,0030 & \text{X} & 1,2 \end{matrix} \quad 0,0036 \text{ m}^3 = 3,6 \quad \text{liter} = 3.600 \text{ ml}$$

$$\varphi_1 = \begin{matrix} \text{m} & \text{X} & \rho \\ 0,0024 & \text{X} & 1,2 \end{matrix} \quad 0,00288 \text{ m}^3 = 2,88 \quad \text{liter} = 2.880 \text{ ml}$$

$$\varphi_{1,2} = \begin{matrix} \text{m} & \text{X} & \rho \\ 0,0020 & \text{X} & 1,2 \end{matrix} \quad 0,0024 \text{ m}^3 = 2,4 \quad \text{liter} = 2.400 \text{ ml}$$

$$\varphi_{1,4} = \begin{matrix} \text{m} & \text{X} & \rho \\ 0,0017 & \text{X} & 1,2 \end{matrix} \quad 0,00204 \text{ m}^3 = 2,04 \quad \text{liter} = 2.040 \text{ ml}$$

E30 (30% Ethanol + 70% Biodiesel nyamplung)

$\varphi_{0,6} =$	m	X	ρ			
	0,0046	X	1,2	0,00552	$m^3 = 5,52$	liter = 5.520 ml
$\varphi_{0,8} =$	m	X	ρ			
	0,0034	X	1,2	0,00408	$m^3 = 4,08$	liter=4.080 ml
$\varphi_{1} =$	m	X	ρ			
	0,0027	X	1,2	0,00324	$m^3 = 3,24$	liter = 3.240 ml
$\varphi_{1,2} =$	m	X	ρ			
	0,0024	X	1,2	0,00288	$m^3 = 2,88$	liter =2.880 ml
$\varphi_{1,4} =$	m	X	ρ			
	0,0019	X	1,2	0,00228	$m^3 = 2,28$	liter = 2.280 ml

- Waktu dalam pengujian tiap 1 menit, volume menjadi debit liter/menit
- Perhitungan kecepatan reaktan

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

V = Kecepatan reaktan

Q_{fuel} = Debit bahan bakar

Q_{reaktan} = Debit udara sesuai stokiometri

A = Luas penampang *Bunsen burner*

Q_{fuel} = 1,5 ml/ menit

Q_{reaktan} = sesuai komposisi masing-masing bahan bakar

A = 0,68 cm²

- Kecepatan reaktan masing-masing campuran bahan bakar B100 (100% Biodiesel)

$$\varphi_{0,6} = \frac{1,5 \text{ ml} + 4.440 \text{ ml}}{0,68} = 6531,62 \text{ cm/menit} = 108,86 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{0,8} = \frac{1,5 \text{ ml} + 3.360 \text{ ml}}{0,68} = 4943,39 \text{ cm/menit} = 82,38 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_1 = \frac{1,5 \text{ ml} + 2.640 \text{ ml}}{0,68} = 3884,56 \text{ cm/menit} = 64,75 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{1,2} = \frac{1,5 \text{ ml} + 2.160 \text{ ml}}{0,68} = 3178,68 \text{ cm/menit} = 52,978 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{1,4} = \frac{1,5 \text{ ml} + 1.920 \text{ ml}}{0,68} = 2825,74 \text{ cm/menit} = 47,096 \text{ cm/s}$$

E30 (30% Ethanol + 70% Biodiesel nyampllung)

$$\varphi_{0,6} = \frac{1,5 \text{ ml} + 5.520 \text{ ml}}{0,68} = 8119,86 \text{ cm/menit} = 135,331 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{0,8} = \frac{1,5 \text{ ml} + 4.080 \text{ ml}}{0,68} = 6002,21 \text{ cm/menit} = 100,037 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_1 = \frac{1,5 \text{ ml} + 3.240 \text{ ml}}{0,68} = 4766,92 \text{ cm/menit} = 79,449 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{1,2} = \frac{1,5 \text{ ml} + 2.880 \text{ ml}}{0,68} = 4237,5 \text{ cm/menit} = 70,625 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{1,4} = \frac{1,5 \text{ ml} + 2.280 \text{ ml}}{0,68} = 3355,15 \text{ cm/menit} = 55,919 \text{ cm/s}$$

E20 (20% Ethanol + 80% Biodiesel nyampllung)

$$\varphi_{0,6} = \frac{1,5 \text{ ml} + 4.800 \text{ ml}}{0,68} = 7061,03 \text{ cm/menit} = 117,684 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{0,8} = \frac{1,5 \text{ ml} + 3.600 \text{ ml}}{0,68} = 5296,33 \text{ cm/menit} = 88,273 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_1 = \frac{1,5 \text{ ml} + 2.880 \text{ ml}}{0,68} = 4237,5 \text{ cm/menit} = 70,625 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{1,2} = \frac{1,5 \text{ ml} + 2.400 \text{ ml}}{0,68} = 3531,62 \text{ cm/menit} = 58,861 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{1,4} = \frac{1,5 \text{ ml} + 2.040 \text{ ml}}{0,68} = 3002,21 \text{ cm/menit} = 50,037 \text{ cm/s}$$

E10 (10% Ethanol + 90% Biodiesel nyamplung)

$$\varphi_{0,6} = \frac{1,5ml + 3.960ml}{0,68} = 5825,74 \text{ cm/menit} = 97,096 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{0,8} = \frac{1,5 \text{ ml} + 3.000 \text{ ml}}{0,68} = 4413,98 \text{ cm/menit} = 73,567 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_1 = \frac{1,5 \text{ ml} + 2.400 \text{ ml}}{0,68} = 3531,62 \text{ cm/menit} = 58,861 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{1,2} = \frac{1,5 \text{ ml} + 1.920 \text{ ml}}{0,68} = 2825,74 \text{ cm/menit} = 47,096 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{1,4} = \frac{1,5 \text{ ml} + 1.680 \text{ ml}}{0,68} = 2472,8 \text{ cm/menit} = 41,214 \text{ cm/s}$$

E100 (100% Ethanol)

$$\varphi_{0,6} = \frac{1,5ml + 1.440ml}{0,68} = 2119,86 \text{ cm/menit} = 35,331 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{0,8} = \frac{1,5 \text{ ml} + 1.080 \text{ ml}}{0,68} = 1590,45 \text{ cm/menit} = 26,5075 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_1 = \frac{1,5 \text{ ml} + 840 \text{ ml}}{0,68} = 1237,5 \text{ cm/menit} = 20,625 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{1,2} = \frac{1,5 \text{ ml} + 720 \text{ ml}}{0,68} = 1061,03 \text{ cm/menit} = 17,6839 \text{ cm/s}$$

$$\varphi_{1,4} = \frac{1,5 \text{ ml} + 600 \text{ ml}}{0,68} = 884,56 \text{ cm/menit} = 14,743 \text{ cm/s}$$

B. Hasil Pengujian Laju Pembakaran Laminer

Hasil Pengujian Laju Pembakaran Laminer pada $\phi 0,6$			
Pengujian	sudut	Kec. Reaktan	Laju Pembakaran / SL (Cm/s)
B100			
1	35,083	108,86	62,569
2	34,992	108,86	62,427
3	35,362	108,86	63,002
Rata-Rata	35,145	108,86	62,665
E30			
1	37,390	135,331	82,178
2	37,798	135,331	82,942
3	37,504	135,331	82,392
Rata-Rata	37,564	135,331	82,504
E20			
1	36,524	117,684	70,041
2	36,255	117,684	69,596
3	36,803	117,684	70,500
Rata-Rata	36,527	117,684	70,046
E10			
1	34,083	97,096	54,412
2	34,992	97,096	55,681

3	34,362	97,096	54,803
Rata-Rata	34,479	97,096	54,966

E100

1	15,334	35,331	9,343
2	18,219	35,331	11,046
3	16,575	35,331	10,079
Rata-Rata	16,709	35,331	10,158

Hasil Pengujian Laju Pembakaran Laminer pada $\phi 0,6$ dengan magnet

Pengujian	sudut	Kec. Reaktan	Laju Pembakaran / SL (Cm/s)
-----------	-------	--------------	--------------------------------

B100

1	44,061	108,86	75,704
2	45,881	108,86	78,150
3	43,210	108,86	74,534
Rata-Rata	44,384	108,86	76,144

E30

1	47,390	135,331	99,601
2	46,798	135,331	98,649
3	46,504	135,331	98,172
Rata-Rata	46,897	135,331	98,809

E20

1	45,524	117,684	83,973
---	--------	---------	--------

2	45,255	117,684	83,585
3	45,803	117,684	84,373
Rata-Rata	45,527	117,684	83,978

E10

1	42,083	97,096	65,074
2	41,992	97,096	64,960
3	42,362	97,096	65,424
Rata-Rata	42,146	97,096	65,153

E100

1	25,508	35,331	15,215
2	20,329	35,331	12,274
3	24,212	35,331	14,490
Rata-Rata	23,350	35,331	14,003

Hasil Pengujian Laju Pembakaran Laminer pada $\phi 0,8$

Pengujian	sudut	Kec. Reaktan	Laju Pembakaran / SL (Cm/s)
-----------	-------	--------------	--------------------------------

B100

1	29,304	82,38	40,320
2	29,578	82,38	40,663
3	28,853	82,38	39,754
Rata-Rata	29,245	82,38	40,246

E30

1	31,657	100,037	52,503
2	32,036	100,037	53,065
3	31,250	100,037	51,897
Rata-Rata	31,648	100,037	52,489

E20

1	30,524	88,273	44,834
2	31,255	88,273	45,800
3	30,803	88,273	45,204
Rata-Rata	30,861	88,273	45,280

E10

1	28,390	73,567	34,979
2	28,798	73,567	35,439
3	28,504	73,567	35,108
Rata-Rata	28,564	73,567	35,175

E100

1	23,865	26,5075	10,724
2	23,575	26,5075	10,602
3	24,775	26,5075	11,108
Rata-Rata	24,072	26,5075	10,812

Hasil Pengujian Laju Pembakaran Laminer pada $\phi 0,8$ dengan magnet			
Pengujian	sudut	Kec. Reaktan	Laju Pembakaran / SL (Cm/s)
B100			
1	43,675	82,38	56,889
2	38,596	82,38	51,391
3	43,260	82,38	56,456
Rata-Rata	41,844	82,38	54,956
E30			
1	48,362	100,037	74,763
2	46,529	100,037	72,599
3	45,095	100,037	70,854
Rata-Rata	46,662	100,037	72,759
E20			
1	44,465	88,273	61,833
2	43,421	88,273	60,675
3	44,650	88,273	62,036
Rata-Rata	44,179	88,273	61,517
E10			
1	40,103	73,567	47,389
2	39,700	73,567	46,992
3	38,745	73,567	46,042

Rata-Rata	39,516	73,567	46,810
-----------	--------	--------	--------

E100

1	25,840	26,5075	11,554
---	--------	---------	--------

2	23,839	26,5075	10,713
---	--------	---------	--------

3	28,853	26,5075	12,792
---	--------	---------	--------

Rata-Rata	26,177	26,5075	11,694
-----------	--------	---------	--------

Hasil Pengujian Laju Pembakaran Laminer pada $\phi 1$

Pengujian	sudut	Kec. Reaktan	Laju Pembakaran / SL (Cm/s)
-----------	-------	--------------	--------------------------------

B100

1	28,217	64,75	30,615
---	--------	-------	--------

2	27,894	64,75	30,292
---	--------	-------	--------

3	28,705	64,75	31,099
---	--------	-------	--------

Rata-Rata	28,272	64,75	30,669
-----------	--------	-------	--------

E30

1	34,055	79,449	44,491
---	--------	--------	--------

2	34,241	79,449	44,704
---	--------	--------	--------

3	33,285	79,449	43,602
---	--------	--------	--------

Rata-Rata	33,860	79,449	44,267
-----------	--------	--------	--------

E20

1	30,657	70,625	36,012
---	--------	--------	--------

2	31,470	70,625	36,870
---	--------	--------	--------

3	29,909	70,625	35,215
Rata-Rata	30,679	70,625	36,034

E10

1	28,422	58,861	28,016
2	27,680	58,861	27,343
3	28,173	58,861	27,790
Rata-Rata	28,092	58,861	27,717

E100

1	20,778	20,625	7,317
2	21,339	20,625	7,505
3	22,165	20,625	7,781
Rata-Rata	21,427	20,625	7,535

Hasil Pengujian Laju Pembakaran Laminar pada $\phi 1$ dengan magnet

Pengujian	sudut	Kec. Reaktan	Laju Pembakaran / SL (Cm/s)
-----------	-------	--------------	--------------------------------

B100

1	41,302	64,75	42,737
2	43,693	64,75	44,729
3	39,038	64,75	40,782
Rata-Rata	41,344	64,75	42,773

E30

1	49,607	79,449	60,510
---	--------	--------	--------

2	50,220	79,449	61,057
3	49,699	79,449	60,592
Rata-Rata	49,842	79,449	60,720

E20

1	45,310	70,625	50,209
2	46,106	70,625	50,894
3	45,929	70,625	50,743
Rata-Rata	45,782	70,625	50,616

E10

1	37,141	58,861	35,539
2	37,285	58,861	35,657
3	38,055	58,861	36,283
Rata-Rata	37,494	58,861	35,827

E100

1	27,646	20,625	9,570
2	25,763	20,625	8,965
3	18,808	20,625	6,649
Rata-Rata	24,072	20,625	8,413

Hasil Pengujian Laju Pembakaran Laminer pada $\phi 1,2$

Pengujian	sudut	Kec. Reaktan	Laju Pembakaran / SL (Cm/s)
-----------	-------	--------------	--------------------------------

B100

1	27,188	52,978	24,206
2	25,763	52,978	23,027
3	28,172	52,978	25,012
Rata-Rata	27,041	52,978	24,085

E30

1	43,043	70,625	48,205
2	42,804	70,625	47,989
3	43,450	70,625	48,570
Rata-Rata	43,099	70,625	48,255

E20

1	37,431	58,861	35,776
2	37,241	58,861	35,621
3	36,650	58,861	35,136
Rata-Rata	37,107	58,861	35,511

E10

1	22,757	47,096	18,218
2	22,621	47,096	18,115
3	23,036	47,096	18,429
Rata-Rata	22,805	47,096	18,254

E100

1	18,263	17,684	5,542
2	18,153	17,684	5,510

3	19,654	17,684	5,948
Rata-Rata	18,690	17,684	5,667

Hasil Pengujian Laju Pembakaran Laminer pada $\phi 1,2$ dengan magnet

Pengujian	sudut	Kec. Reaktan	Laju Pembakaran / SL (Cm/s)
-----------	-------	--------------	--------------------------------

B100

1	40,818	52,978	34,630
2	36,909	52,978	31,816
3	37,013	52,978	31,893
Rata-Rata	38,247	52,978	32,796

E30

1	47,057	70,625	51,700
2	47,149	70,625	51,777
3	46,985	70,625	51,639
Rata-Rata	47,064	70,625	51,705

E20

1	43,260	58,861	40,338
2	42,890	58,861	40,060
3	43,173	58,861	40,273
Rata-Rata	43,108	58,861	40,224

E10

1	35,105	47,096	27,084
---	--------	--------	--------

2	34,345	47,096	26,570
3	33,987	47,096	26,327
Rata-Rata	34,479	47,096	26,661

E100

1	24,82	17,684	7,423
2	20,383	17,684	6,159
3	19,464	17,684	5,893
Rata-Rata	21,556	17,684	6,497

Hasil Pengujian Laju Pembakaran Laminer pada $\phi 1,4$

Pengujian	sudut	Kec. Reaktan	Laju Pembakaran / SL (Cm/s)
-----------	-------	--------------	--------------------------------

B100

1	31,683	47,096	24,736
2	28,142	47,096	22,213
3	32,096	47,096	25,024
Rata-Rata	30,640	47,096	24,002

E30

1	36,036	55,919	32,897
2	36,175	55,919	33,006
3	36,432	55,919	33,209
Rata-Rata	36,214	55,919	33,037

E20

1	32,731	50,037	27,055
2	33,360	50,037	27,515
3	33,239	50,037	27,427
Rata-Rata	33,110	50,037	27,333

E10

1	23,988	41,214	16,755
2	25,024	41,214	17,433
3	24,756	41,214	17,259
Rata-Rata	24,589	41,214	17,150

E100

1	16,129	14,743	4,096
2	21,287	14,743	5,352
3	19,551	14,743	4,934
Rata-Rata	18,989	14,743	4,797

Hasil Pengujian Laju Pembakaran Laminar pada $\phi 1,4$ dengan magnet

Pengujian	sudut	Kec. Reaktan	Laju Pembakaran / SL (Cm/s)
-----------	-------	--------------	--------------------------------

B100

1	36,681	47,096	28,133
2	38,504	47,096	29,321
3	35,666	47,096	27,460
Rata-Rata	36,950	47,096	28,310

E30			
1	44,716	55,919	39,344
2	44,970	55,919	39,520
3	45,245	55,919	39,709
Rata-Rata	44,977	55,919	39,525

E20			
1	40,650	50,037	32,596
2	40,798	50,037	32,694
3	41,036	50,037	32,851
Rata-Rata	40,828	50,037	32,714

E10			
1	31,807	41,214	21,722
2	32,093	41,214	21,897
3	32,161	41,214	21,938
Rata-Rata	32,020	41,214	21,852

E100			
1	22,993	14,743	5,759
2	21,971	14,743	5,516
3	23,123	14,743	5,790
Rata-Rata	22,696	14,743	5,688

C. Hasil Pengujian Tinggi Api

Hasil pengujian tinggi api tanpa magnet

Hasil Pengujian Tinggi api pada $\varphi 0,6$	Hasil Pengujian Tinggi api pada $\varphi 0,8$	Hasil Pengujian Tinggi api pada $\varphi 1$	Hasil Pengujian Tinggi api pada $\varphi 1,2$	Hasil Pengujian Tinggi api pada $\varphi 1,4$
Pengujian Tinggi (mm)	Pengujian Tinggi (mm)	Pengujian Tinggi (mm)	Pengujian Tinggi (mm)	Pengujian Tinggi (mm)
B100	B100	B100	B100	B100
36,902	40,716	47,833	46,684	35,884
35,717	41,858	46,684	49,072	39,468
38,032	43,103	47,878	44,248	38,329
Rata-rata: 36,884	Rata-rata: 41,893	Rata-rata: 47,465	Rata-rata: 46,668	Rata-rata: 37,92
E30	E30	E30	E30	E30
40,151	43,680	48,095	47,036	40,388
41,618	44,173	47,529	46,324	41,055
42,177	43,425	47,362	46,670	40,657
Rata-rata: 41,337	Rata-rata: 43,759	Rata-rata: 47,662	Rata-rata: 46,677	Rata-rata: 40,700
E20	E20	E20	E20	E20
45,565	48,036	51,465	48,622	42,739
44,096	48,257	51,650	49,175	43,310
44,231	47,305	52,421	48,425	43,244
Rata-rata: 44,630	Rata-rata: 47,866	Rata-rata: 51,846	Rata-rata: 48,741	Rata-rata: 43,098

E10	E10	E10	E10	E10
48,223	51,450	55,755	52,450	46,316
48,678	50,432	55,515	52,650	46,046
49,000	50,806	56,209	52,231	45,807
Rata-rata: 48,634	Rata-rata: 50,896	Rata-rata: 55,826	Rata-rata: 52,444	Rata-rata: 46,057
E100	E100	E100	E100	E100
50,941	54,277	63,315	55,761	50,848
51,433	53,560	60,561	51,110	49,957
50,806	53,964	61,570	52,348	50,081
Rata-rata: 51,060	Rata-rata: 53,934	Rata-rata: 61,816	Rata-rata: 53,073	Rata-rata: 50,296

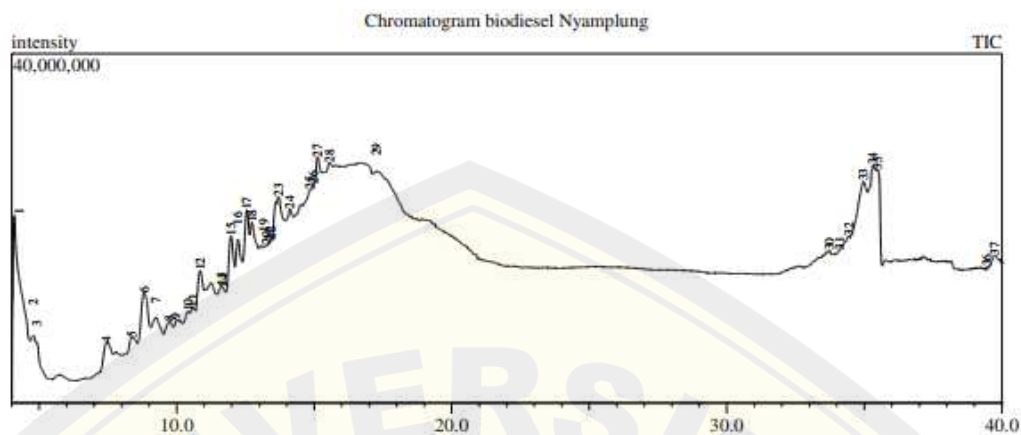
Hasil pengujian tinggi api dengan magnet

Hasil Pengujian Tinggi api pada $\varphi 0,6$	Hasil Pengujian Tinggi api pada $\varphi 0,8$	Hasil Pengujian Tinggi api pada $\varphi 1$	Hasil Pengujian Tinggi api pada $\varphi 1,2$	Hasil Pengujian Tinggi api pada $\varphi 1,4$
Pengujian Tinggi (mm)	Pengujian Tinggi (mm)	Pengujian Tinggi (mm)	Pengujian Tinggi (mm)	Pengujian Tinggi (mm)
B100	B100	B100	B100	B100
69,337	122,031	141,085	141,858	57,382
71,728	126,809	136,471	143,037	55,004
66,946	122,031	148,257	143,053	59,773
Rata-rata: 69,337	Rata-rata: 123,623	Rata-rata: 141,938	Rata-rata: 142,649	Rata-rata: 57,387
E30	E30	E30	E30	E30
70,151	127,231	145,297	141,298	60,135
70,681	128,086	147,021	141,102	59,877
69,177	123,656	144,072	142,188	60,214
Rata-rata: 70,003	Rata-rata: 126,325	Rata-rata: 145,464	Rata-rata: 141,529	Rata-rata: 60,076
E20	E20	E20	E20	E20
73,380	128,570	148,774	142,873	67,014
71,581	127,921	151,035	145,156	62,972
75,068	129,088	149,267	146,083	63,526
Rata-rata: 73,343	Rata-rata: 128,527	Rata-rata: 149,692	Rata-rata: 144,704	Rata-rata: 64,504

E10	E10	E10	E10	E10
76,312	131,114	153,270	148,105	67,196
75,561	130,730	154,533	147,408	67,419
76,100	130,635	153,132	147,763	66,758
Rata-rata: 75,991	Rata-rata: 130,827	Rata-rata: 153,645	Rata-rata: 147,759	Rata-rata: 67,125
E100	E100	E100	E100	E100
46,684	45,490	52,655	56,238	54,008
50,266	49,072	53,915	53,405	58,773
51,461	49,072	53,809	59,378	46,761
Rata-rata: 49,471	Rata-rata: 47,878	Rata-rata: 53,460	Rata-rata: 63,007	Rata-rata: 53,181

F. Gambar Pengujian

G. Hasil Uji (GCMS) *Biodiesel* nyamplung



Peak No	R. Time	Area	Area %	Height	Height %	Name
1	4.100	383098433	22.30	17926172	14.78	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS)
2	4.781	48866792	2.84	4570600	3.77	Benzene, methyl- (CAS) Toluene
3	4.930	35885877	2.09	3908578	3.22	Methyl 3-Methyl-2-butenyl Ether
4	7.454	35550159	2.07	2358239	1.94	pyronene (.alpha. and .beta.)
5	8.368	23042874	1.34	1596749	1.32	1,4-Cyclohexadiene, 3,3,6,6-tetramethyl- (CA
6	8.817	103856657	6.05	5959003	4.91	(+)-2-CAREN
7	9.248	41525888	2.42	2349850	1.94	2,6,6-TRIMETHYL-1-METHYLEN-CYCLO
8	9.739	14221726	0.83	1157515	0.95	7,7-dimethoxyheptanal
9	9.980	8990785	0.52	766125	0.63	.alpha.-Thujene
10	10.420	8180302	0.48	933148	0.77	3,5-HEPTADIEN-2-OL, 2,6-DIMETHYL- \$\$
11	10.594	8564577	0.50	1029904	0.85	Tridecane, 7-methylene- (CAS) 1,1-DI-

					N-HE
12	10.854	58109576	3.38	4628993	3.82 .ALPHA. TERPINENE
13	11.631	13357364	0.78	1159297	0.96 2,2DIMETHYL-6(SECBUT-2-ENE)- TETRA
14	11.700	2504971	0.15	724492	0.60 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS)
15	11.976	62770270	3.65	5864589	4.84 3,7,7-TRIMETHYL-CYCLOHEPTA- 1,3,5-T
16	12.231	48203488	2.81	4573670	3.77 2,2DIMETHYL-6(SECBUT-2-ENE)- TETRA
17	12.551	68811046	4.01	6840879	5.64 .gamma.-Terpinene
18	12.734	57320256	3.34	4777574	3.94 Cyclohexene, 3,5,5-trimethyl- (CAS) 3,5,5-Tr
19	13.170	2529199	0.15	463515	0.38 6-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) Met
20	13.270	1291181	0.08	367149	0.30 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS)
21	13.380	1912086	0.11	419428	0.35 7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-
22	13.430	939828	0.05	417877	0.34 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS)
23	13.705	44947800	2.62	4331523	3.57 .ALPHA. TERPINENE
24	14.123	18336966	1.07	1467835	1.21 4-ISOPROPYL-3- METHOXYMETHYLENE
25	14.860	3330175	0.19	457124	0.38 4-Terpinenyl acetate
26	14.970	2087410	0.12	439564	0.36 2,4,6-Octatriene, 2,6-dimethyl-, (E,Z)-
27	15.125	19638467	1.14	2574391	2.12 Octanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl oct
28	15.561	6381208	0.37	828714	0.68 2,2DIMETHYL-6(SECBUT-2-ENE)- TETRA
29	17.256	7691128	0.45	393218	0.32 6-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) Met

30	33.742	10522275	0.61	877652	0.72 14-Pentadecynoic acid, methyl ester (CAS) M
31	34.100	4663452	0.27	1167774	0.96 17-Octadecen-14-ynoic acid, methyl ester (CA
32	34.447	24173643	1.41	2903291	2.39 9,12-Octadecadienoyl chloride, (Z,Z)-
33	34.959	242703330	14.13	9359643	7.72 12-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) ME
34	35.320	179423747	10.44	11356749	9.36 9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)
35	35.490	106874259	6.22	10941571	9.02 Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methy
36	39.460	1037425	0.06	261430	0.22 Decanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl cap
37	39.744	16689066	0.97	1127591	0.93 13-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS
Total		1718033686	100.00	121281416	100.00
