

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN
DANA DIPA FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK**



**PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG
(*Calophyllum inophyllum L.*) DENGAN KATALIS KOH
MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO (MICROWAVE)**

OLEH

**DR. Hj. SRI KURNIATI A., ST, MT / NIDN 0002117204 (Ketua)
DR. SUDIRMAN S., ST, MT / NIDN 0011026704 (Anggota)
WELLEM F. GALLA, ST, MT / NIDN 0023127005 (Anggota)
H. NURSALIM, ST, MT/ NIDN 0016067604 (Anggota)**

**Dibiayai dari Dana DIPA PNPB Universitas Nusa Cendana
Nomor: 023.17.2.677528/2020 Tanggal 27 Desember 2019
Tahun Anggaran 2020 dengan kode kegiatan 5742.002.001.053 Mak.525119
Tahun Anggaran 2019**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK
UNIVERSITAS NUSA CENDANA**

KUPANG

2020

HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN TERAPAN

Judul Penelitian : Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L.*) dengan Katalis KOH Menggunakan Gelombang Mikro (Microwave)

Kode/Nama Rumpun Ilmu : 452 / Teknik Tenaga Elektrik

Topik Unggulan : Energi Baru dan Terbarukan

Ketua Peneliti :

a. Nama Lengkap : Dr. Hj. Sri Kurniati A., ST, MT

b. NIDN : 0002117204

c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

d. Program Studi : Teknik Elektro

e. Nomor HP : 081237744422

f. Alamat surel (Email) : sri_kurniati@staf.undana.ac.id

Anggota Peneliti :

a. Nama Lengkap/NIDN : 1. Dr. Sudirman, ST, MT / 0011026704
2. Wellem F. Galla, ST, MT / 0023127005
3. H. Nursalim, ST, MT / 0016067604

b. Perguruan Tinggi : Universitas Nusa Cendana

Lama Penelitian Keseluruhan : 1 Tahun

Usulan Penelitian Tahun ke- : Pertama

Biaya Penelitian Keseluruhan : 10 juta

Biaya Penelitian Tahun Berjalan : -

- Diusulkan keDana DIPA : Rp10.000.000

- Dana Institusi Lain : -

Biaya Luaran Tambahan : -

Kupang, 17 Oktober 2020

Ketua Peneliti,



DR. HJ. SRI KURNIATI A., ST, MT
NIP. 19721102 199802 2 002



DR. DRS. HERY LEO SIANTURI, M.Si
NIP. 19651205 199103 1 006

IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian : Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L.*) dengan Katalis KOH Menggunakan Gelombang Mikro (Microwave)

2. Tim Peneliti :

No.	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Instansi Asal	Alokasi Waktu (Jam/Minggu)
1.	Dr. Sri Kurniati A., ST, MT	Ketua	Teknik Elektro	Universitas Nusa Cendana	12
2.	Dr. Sudirman, ST, MT	Anggota	Teknik Elektro	Universitas Nusa Cendana	10
3.	Wellem F. Galla, ST, MT	Anggota	Teknik Elektro	Universitas Nusa Cendana	10
4.	H. Nursalim, ST, MT	Anggota	Teknik Elektro	Universitas Nusa Cendana	10

3. Objek Penelitian (Jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian): Biodiesel Minyak Nyamplung
4. Masa Pelaksanaan
Mulai : Bulan April tahun 2020
Berakhir : Bulan Oktober tahun 2020
5. Usulan Biaya Dana DIPA FST Undana: Rp10.000.000,-
6. Lokasi Penelitian : Laboratorium Terpadu Undana dan Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya
7. Temuan yang ditargetkan:
Dalam penelitian ini ditargetkan suatu metode pengolahan biodiesel dengan menggunakan Microwave dengan penggunaan energi yang lebih hemat dengan persentase FAME yang memenuhi syarat standar SNI.
8. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu

Pengolahan biodiesel minyak nyamplung dengan menggunakan microwave diperoleh waktu yang lebih cepat dibanding dengan metode pemanasan hotplate. Akan tetapi, penggunaan microwave ini masih menggunakan energi yang cukup tinggi sehingga berdampak pada biaya produksi. Oleh karena itu, diperlukan optimalisasi katalis KOH pada pembuatan biodiesel agar diperoleh penghematan energi dengan persentase FAME yang lebih tinggi.
9. Jurnal ilmiah yang menjadi sasaran: **Jurnal Internasional**

DAFTAR ISI

Uraian	Hal
Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Identitas dan Uraian Umum	iii
Daftar Isi	iv
Ringkasan	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Khusus Penelitian	3
1.4 Urgensi (Keutamaan) Penelitian	3
BAB II STUDI PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Nyamplung	4
2.2 Karakteristik Kandungan Minyak Nyamplung	5
2.3 Biodiesel	6
2.3.1 Karakteristik Biodiesel	8
2.3.2 Keunggulan Biodiesel	9
2.4 Proses Pembuatan Biodiesel	10
2.4.1 Reaksi Esterifikasi	10
2.4.2 Reaksi Transesterifikasi	10
2.5 Metanol dalam, Produksi Biodiesel	11
2.6 Katalisi KOH dalam Produksi Biodiesel	12
2.7 Pemanasan Menggunakan Mikrowave	12
2.8 Analisis Biodiesel	15
2.8.1 FFA	15
2.8.2 FAME	15
2.8.3 Densitas	15
2.8.4 Viskositas	16
2.8.5 Angka Asam	16
2.8.6 Rendemen	16
2.9 Road Map	17
2.9.1 Road Map Penelitian	17
2.9.2 Road Map Penelitian Undana 2016-2019	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	26

3.2.1 Alat	26
3.2.2 Bahan	26
3.3 Metode Penelitian	28
3.4 Tahapan Penelitian	29
3.4.1 Pembuatan Degumming Minyak Nyamplung	29
3.4.2 Pembuatan Biodiesel Minyak Nymaplung Menggunakan Katalis Kimia KOH Melalui Proses Transsterifikasi`	29
3.5 Diagram Alir Penelitian	31
3.5.1 Diagram Alir Degumming	31
3.5.2 Diagram Alir Transesterifikasi menggunakan KOH	32
3.6 Parameter dan Analisis Data	33
BAB IV. HASIL PENELITIAN	34
4.1 Proses Pengolahan Biodoesel Nyamplung	34
4.1.1 Proses Degumming	34
4.1.2 Proses Esterifikasi	35
4.1.3 Proses Transesterifikasi	35
4.2 Pengaruh Daya dan Rasio Molar Minyak Metanol Terhadap Persentase Crude Biodiesel dan Persentase Crude Glyserol	37
4.2.1 Persentase Crude Biodoesel	37
4.2.2 Persentase Crude Glyserol	38
4.2.3 Reaktor Microwave Tanpa Modifikasi	40
4.3 Karakteristik Biodiesel Hasil Transesterifikasi	41
4.4 Analisis FAME	42
4.5 Viskositas	43
4.6 Densitas	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45

5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN-LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Uraian	Hal
2.1	Tanaman Nyamplung	4
2.2	Reaksi Esterifikasi	10
2.3	Reaksi Transesterifikasi	10
2.4	Microwave	14
4.1	Pengaruh Daya Microwave dan Rasio Molar Terhadap Persentase Crude Biodiesel	38
4.2	Pengaruh Daya Microwave dan Rasio Molar Terhadap Persentase Crude Glyserol	39
4.4	Reaktor Iradiasi Gelombang Mikro tanpa Modifikasi	40
4.5	Biodiesel Murni	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Uraian	Hal
2.1	Kandungan Asam Minyak Nyamplung	4
2.2	Kandungan Biji Nyamplung	5
2.3	Sifat Fisika dan Kimia Minyak Nyaplung	6
2.4	Standar Biodiesel Menurut SNI 7182-2015	8
2.5	Perbandingan antara Biodoesel dan Bahan Bakar Diesel	9
3.1	Kombinasi Perlakuan Percobaan	28
4.1	Karakteristik Minyak Nyamplung	34
4.2	Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Nyamplung setelah Esterifikasi	35
4.3	Hasil setelah Proses Transesterifikasi	36
4.4	Karakteristik Biodiesel Hasil Penelitian	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Uraian	Hal
1	Perhitungan Kebutuhan Bahan pada Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi	48
2	Data Hasil Proses Degumming	49
3	Data Hasil Penelitian	51
4	Foto – Foto Kegiatan dan Hasil Penelitian	55
5	Artikel Ilmiah	56
6	Sertifikat Seminar Internasional	64
7	Biodata Peneliti	65
	Ketua Peneliti	65
	Anggota Peneliti I	70
	Anggota Peneliti II	75
	Anggota Peneliti III	79

RINGKASAN

Pemanasan dengan menggunakan microwave merupakan salah satu metode dalam pengolahan biodiesel. Dibandingkan dengan sistem pemanasan konvensional atau hotplate, maka penggunaan microwave dalam pengolahan biodiesel minyak nyamplung menjadi lebih cepat. Akan tetapi, penggunaan alat microwave ini masih membutuhkan energi yang cukup tinggi sehingga diperlukan suatu optimalisasi dengan mengoptimalkan penggunaan katalis KOH. Tujuan dari penelitian ini untuk meningkatkan kualitas biodiesel minyak nyamplung dengan mengoptimalkan penggunaan katalis KOH sehingga diperoleh persentase FAME yang lebih tinggi. Target khusus adalah meningkatkan kualitas biodiesel minyak nyamplung dengan penggunaan KOH untuk mengurangi biaya produksi dari pembuatan biodiesel. Agar tercapai hal ini, akan dilakukan pendekatan dengan 3 cara, yaitu dengan (1) melakukan pengaturan perbandingan katalis KOH dengan minyak Nyamplung; (2) melakukan variasi rasio molar minyak - metanol (3) melakukan pengujian laboratorium dan analisis kandungan kualitas biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase biodiesel terbesar diperoleh perlakuan rasio molar 1:6, sedangkan untuk pengaturan daya *microwave* sebesar 10% dengan waktu pemanasan selama 10 menit diperoleh persentase biodiesel sebesar 83,448%. Kemudian karakteristik kualitas biodiesel yang dihasilkan dari bahan baku minyak nyamplung menggunakan katalis KOH, yaitu: kandungan FAME tertinggi diperoleh kandungan sebesar 53,66% pada sampel A1B2 (Rasio molar 1:6 dan daya *Microwave* 30%). Hasil analisis viskositas yang memenuhi syarat SNI yaitu pada sampel yang sama A1B2 dengan viskositas sebesar 5,9847 cSt, sedangkan hasil analisis densitas sekitar 850-890 kg/cm³ pada semua sampel yang diujikan dan telah memenuhi syarat SNI.

Kata Kunci: Biodiesel, Microwave, Nyamplung

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak bumi merupakan sumber energi utama yang dipakai di banyak negara termasuk Indonesia. Kebutuhan bahan bakar minyak bumi selalu meningkat, seiring dengan penggunaannya di bidang industri dan transportasi. Penyebab dari masalah ini karena minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, sehingga untuk mendapatkannya kembali memerlukan waktu yang lama hingga ratusan juta tahun lamanya (Fatih, 2014). Dengan menipisnya cadangan bahan bakar berbasis minyak bumi, maka usaha untuk mendapatkan sumber bahan bakar alternatif mendapat perhatian besar salah satunya adalah biodiesel (Handayani, 2010).

Biodiesel atau FAME (*fatty acid methyl ester*) dapat diproduksi dari minyak nabati dan lemak hewan, adalah bahan bakar yang *biodegradable*, dan dapat diperbaharui, dapat digunakan untuk pelumas, dan mempunyai *flash point* yang relatif tinggi memberikan daya tarik sebagai alternatif minyak berbasis bahan bakar diesel (Archita, 2013). Pada tahun 2014, disebutkan dalam Blueprint Pengelolaan Energi Nasional (*BPPEN*) bahwa pemerintah telah menetapkan kebutuhan biodiesel mencapai 720.000 kiloliter pada tahun 2010 dan akan ditingkatkan menjadi 1,5 juta kiloliter pada tahun 2015 dan 4,7 juta kiloliter pada tahun 2025 (Fatih, 2014). Salah satu jenis tanaman yang dapat digunakan dan berpotensi sebagai sumber energi alternatif adalah buah nyamplung (*calophyllum inophyllum L.*). Tumbuhan ini adalah jenis pohon dari famili *guttiferae*. Tinggi mencapai 22 meter, tumbuh banyak di daerah tanah berpasir yang terdapat di tepi sungai dan pesisir pantai berudara panas. Di Indonesia nyamplung (*calophyllum inophyllum L.*) tersebar luas mulai dari daerah pulau Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Sumatera dan Papua (Khamidah, 2010).

Nyamplung (*calophyllum inophyllum L.*) adalah salah satu jenis tanaman yang dapat diolah menjadi bahan bakar nabati (Joker, 2004). Keunggulan dari nyamplung sebagai bahan bakar nabati adalah bijinya mempunyai rendemen lebih tinggi dibandingkan jenis tanaman lain (jarak pagar 40% hingga 60%, sawit 46% hingga 54%, dan nyamplung 40% hingga 74%), dan pemanfaatannya tidak berkompetisi dengan kepentingan pangan, selain itu produktivitas biji nyamplung 20 ton/ha lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman jarak pagar 5 ton/ha, sawit 6 ton/ha dan tanaman nabati lainnya (Departemen Kehutanan, 2008). Biji nyamplung memiliki

kandungan minyak yang tinggi yaitu 55% pada biji segar dan 70,5% pada biji kering (Diana, 2015).

Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan mengonversi minyak nabati ke dalam bentuk metil ester asam lemak FAME (*fatty acid methyl ester*) melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi. Pada proses transesterifikasi pelarut sebagai media reaksi mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap berjalannya suatu reaksi. Pelarut dapat meningkatkan kecepatan reaksi atau bahkan menurunkan kecepatan reaksi. Penggunaan katalis KOH pada transesterifikasi minyak nyamplung dapat berlangsung singkat dengan hasil yang memuaskan. Penggunaan kalium hidroksida (KOH) sebagai katalis basa padat mempunyai banyak keuntungan, seperti tingginya aktivitas, kondisi reaksi yang ringan, masa hidup katalis yang panjang dan biaya katalis yang rendah (Handayani, 2010). Selama ini katalis kimia dominan digunakan dalam proses produksi biodiesel karena cukup sukses dalam mengonversi minyak menjadi biodiesel. Adapun keunggulan dari katalis kimia adalah tingkat konversi tinggi dan waktu reaksi cepat (Khamidah, 2010).

Pengembangan proses pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung pada penelitian ini menggunakan proses esterifikasi menggunakan katalis HCL 2% dan proses transesterifikasi katalis KOH serta transesterifikasi katalis CaO sebagai faktor pembanding, dan juga dilakukan variasi konsentrasi katalis KOH dan CaO pada proses transesterifikasi yang digunakan dalam proses minyak nyamplung sebanyak 1% (K1), 1,5% (K2), 2% (K3) pada katalis KOH dan sebanyak 2% (C1) pada katalis CaO dari berat minyak nyamplung. Hal ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi katalis terbaik dari biodiesel minyak nyamplung dari katalis KOH dan CaO sebagai katalis faktor pembanding yang dapat diaplikasikan pada sektor industri dan transportasi. Untuk mengetahui perbandingan kualitas biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis KOH dan CaO sebagai katalis pembanding, dilakukan dengan menganalisa kandungan FFA (*free fatty acid*), FAME (*fatty acid methyl ester*), viskositas, densitas, angka asam, dan rendemen.

1.2 Perumusan Masalah

- Berapakah konsentrasi katalis terbaik dari KOH dan dibandingkan dengan katalis CaO sebagai faktor pembanding yang diperlukan dalam proses pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung (*calophyllum inophyllum L.*) menggunakan *Microwave*.

- Bagaimana karakteristik biodiesel yang dihasilkan dari penambahan konsentrasi katalis KOH dan CaO sebagai katalis pembanding dalam proses pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung (*calophyllum inophyllum L.*) menggunakan *Microwave*.

1.3 Tujuan khusus

- Untuk mengetahui konsentrasi katalis terbaik dari KOH dan CaO sebagai katalis faktor pembanding yang diperlukan dalam proses pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung (*calophyllum inophyllum L.*) menggunakan *Microwave*.
- Untuk mengetahui karakteristik kualitas biodiesel yang dihasilkan dari bahan baku minyak nyamplung menggunakan katalis KOH dan CaO dengan menganalisa kandungan FFA (*free fatty acid*), FAME (*fatty acid methy ester*), densitas, viscositas, angka asam, dan rendemen.

1.4 Urgensi penelitian:

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan metode alternatif proses pembuatan biodiesel yang ramah lingkungan dan memiliki kemurnian tinggi.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat bahwa minyak nyamplung dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar alternatif untuk mengatasi kelangkaan bahan bakar minyak bumi dimasa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Nyamplung

Tanaman nyamplung adalah salah satu sumber energi nabati yang potensial yang berasal dari kawasan hutan dan tersebar merata di seluruh kepulauan di Indonesia. Keunggulan tanaman nyamplung sebagai bahan baku energi nabati adalah penyebaran tanaman yang merata hampir di seluruh daerah terutama pada pesisir pantai di Indonesia. Menurut Fatih, et al., 2014) tanaman nyamplung adalah pohon yang termasuk kedalam famili *guttiferae*. Tanaman ini memiliki persebaran habitat di Afrika Timur, India, Asia Tenggara, Australia dan Pasifik Selatan. Tanaman ini tumbuh di area dengan curah hujan 1000-5000 mm pertahun pada ketinggian 0-200 m diatas permukaan laut. Tanaman nyamplung sangat potensial bila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dikarenakan kadar minyak yang tinggi pada biji, serta merupakan *non-edible oil* sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan.



Gambar 2.1 Tanaman Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L.)

Tabel 2.1 Kandungan Asam Minyak Nyamplung

No.	Komponen	Presentase (% berat)
1.	Asam Lemak Jenuh	29.415
	Asam Palmitate	14.318
	Asam Stearate	15.097
2.	Asam Lemak Tidak Jenuh	70.325
	Asam Palmitoleat	0.407
	Asam Oleat	35.489
	Asam Linoleate	33.873
	Asam Limolenat	0.557

(Diana, 2015)

Buah dari pohon nyamplung dapat dipanen sepanjang tahun, rata-rata tiap tahun per pohon mampu menghasilkan biji kurang lebih sebanyak 250kg. Biji nyamplung memiliki kandungan minyak yang tinggi yaitu 55% dan 70,5% pada biji kering. Minyak nyamplung mempunyai kandungan asam lemak jenuh yang sedikit sehingga akan berbentuk cair pada suhu kamar. Kandungan asam yang terdapat di dalam tanaman nyamplung dapat dilihat dalam pada **Tabel 2.1.**

2.2 Karakteristik Kandungan Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*)

Tanaman nyamplung (*calophyllum inopyllum L.*) biasanya hidup liar di tepi sungai atau pantai yang berudara panas sampai ketinggian 600 m dari permukaan laut. Biji nyamplung mengandung resin, minyak atsiri, kalofiloid, asam kalofilat, sitosterol, lendir gliserin, minyak lemak tanin takaferol dan karotenoid. Asam lemak metil ester dari minyak biji nyamplung memenuhi semua persyaratan untuk biodiesel utama dalam standar Amerika Serikat (ASTM D 6751-06) dan Uni Eropa standar (EN 14214) (Azam MM et al., 2005). Buah nyamplung memiliki biji yang berpotensi menghasilkan minyak nyamplung, terutama biji yang sudah tua. Kandungan minyaknya mencapai 50-70% (basis kering) dan mempunyai daya kerja dua kali lipat lebih lama dibandingkan minyak tanah (Heyne, 1987).

Tabel 2.2 Kandungan Biji Nyamplung

Kandungan	Nilai (%)
Minyak	50-70
Abu	1.7
Proterin Kasar	6.2
Pati	0.34
Air	10.8
Hemiselulosa	19.4
Selulosa	6.1

(Kilham, 2003)

Minyak nyamplung merupakan minyak kental, berwarna coklat kehijauan, beraroma menyengat seperti karamel dan beracun. Minyak nyamplung dihasilkan dari buah yang telah matang dan mempunyai fungsi penyembuhan signifikan khususnya untuk jaringan terbakar (Kilham, 2003). Minyak nyamplung diperoleh melalui tahapan proses: (1) pengupasan biji dari kulit yang keras, (2) perajangan hingga menjadi irisan tipis, (3) pengeringan dengan panas matahari selama dua hari, (4) penumpukan, (5) pengukusan, (6) pengepresan atau ekstraksi

dengan pelarut organik, (7) *degumming*, pemisahan getah dengan asam fosfat 1% (Departemen Kehutanan, 2008). Karakteristik minyak nyamplung sebelum dan sesudah *degumming* dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Sifat Fisika dan Kimia Minyak Nyamplung

Karakteristik	Sebelum <i>degumming</i> (<i>crude oil</i>)	Sesudah <i>degumming</i> (<i>refined oil</i>)
Kadar air	0.25%	0.41%
Densitas pada suhu 20°C	0.944 g/ml	0.940 g/ml
Viskositas da suhu 40°C	56.7 cP	53.4cP
Bilangan asam	59.94 mg KOH/g	54.18 mgKOH/g
Kadar asam lemak bebas	29.53%	27.21%
Bilangan penyabunan	198.1 mg KOH/g	194.7 mg KOH/g
Bilangan iod	86.42 mg/g	85.04 mg/g
Indeks refraksi	1.447	1.478
Penampakan/warna	Hijau gelap dan kental dengan bau menyengat	Kuning kemerahan dan kental

Sumber: (Balitbang Kehutanan, 2008)

Dari segi nilai kalor pembakaran, minyak nyamplung memiliki nilai kalor yang semakin tinggi setelah mengalami proses *degumming* dan pemurnian. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Fathiyah (2010), minyak nyamplung kasar memiliki nilai kalor sebesar 9088.08 cal/g dan setelah *degumming* nilai kalornya meningkat menjadi 9121.84 cal/g (Annamalai, 2006).

2.3 Biodiesel

Menurut Wijaya (2014), biodiesel atau alkil ester bersifat sama dengan solar, bahkan lebih baik nilai setananya. Riset tentang biodiesel telah dilakukan di seluruh dunia khususnya di Austria, Jerman, Perancis, dan Amerika Serikat. Bahan baku utamanya antara lain minyak kedelai, dan minyak bunga matahari. Di Hawaii biodiesel dibuat dari minyak goreng bekas dan di Nagano, Jepang bahan baku dari restoran-restoran cepat saji telah dipakai sebagai bahan baku biodiesel. Saat ini biodiesel telah merebut 5% pangsa pasar ADO (*automotive diesel oil*) di Eropa. Pada tahun 2010 Uni-Eropa menargetkan pencapaian sampai 12%. Malaysia telah mengembangkan biodiesel berbahan baku minyak sawit dengan kapasitas berkisar 3000 ton/hari yang telah siap memenuhi kebutuhan transportasi solar. Secara keseluruhan saat ini di dunia telah terdapat lebih dari 85 pabrik biodiesel berkapasitas 500 - 120.000 ton/tahun dan

pada 7 tahun terakhir ini 28 negara telah menguji coba biodiesel sebagai pengganti BBM. Amerika dan beberapa negara Eropa bahkan telah menetapkan standar biodiesel yang kemudian diadopsi di beberapa negara berkembang.

Di Indonesia biodiesel biasanya menggunakan bahan baku minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil*), minyak nyamplung, minyak jarak, minyak kelapa, dan minyak ikan. Biodiesel dibuat dengan berbagai metode. Transesterifikasi adalah salah satu teknik pembuatan biodiesel yang paling dikenal karena aman, murah dan mudah dilakukan. Biodiesel bersifat ramah lingkungan karena tidak memberi kontribusi kepada pemanasan global, mudah didegradasi, mengandung sekitar 10% oksigen alamiah yang bermanfaat dalam pembakaran dan dapat melumasi mesin. Keuntungan lain pada penggunaan biodiesel adalah mudah dibuat sekalipun dalam skala rumah tangga dan menghemat sumber energi yang tidak terbarukan serta dapat mengurangi biaya kesehatan akibat pencemaran udara.

Menurut Christina (2013), biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono alkil ester dari rantai panjang asam lemak yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak sayur atau lemak hewan. Biodiesel dibuat melalui suatu proses kimia yang disebut esterifikasi dan transesterifikasi. Pada dasarnya biodiesel dipilih karena memiliki sifat yang biodegradable, tidak beracun dan rendah emulsi.

Biodiesel mempunyai rantai karbon berkisar antara 12 hingga 20 % serta mengandung oksigen. Hal itulah yang membedakannya dengan petroleum diesel yang komponen utamanya adalah hidrokarbon. Dengan adanya oksigen, akan mempengaruhi flash pointnya yang menjadi lebih tinggi, sehingga tidak mudah terbakar. Untuk mempercepat reaksi diperlukan katalisator berupa asam, basa, atau penukar ion, katalis yang biasa digunakan (NaOH, KOH), asam HCL. Beberapa peneliti telah mencoba alkoholisis beberapa jenis lemak dan minyak dengan katalis HCL, dan asam ferosulfonat. Standar yang ditetapkan oleh SNI 7182-2015 mengenai karakteristik dari biodiesel yang disajikan pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Standar Biodiesel Menurut SNI 7182-2015

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 °C	gr/ml	0.85 – 0.89
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	cSt	2.3 – 6.0
3	Angka setana	min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		nomor 1
7	Residu karbon		
	- dalam percontoh asli; atau - dalam 10% ampas distilasi	%-massa, maks	0.05 0.3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0.05
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0.02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0.8
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0.02
15	Gliserol total	%-massa, maks	0.24

2.3.1 Karakteristik Biodiesel

Biodiesel merupakan cairan dengan jenis warna bervariasi antara kuning keemasan hingga cokelat gelap tergantung dari bahan baku yang digunakan. Biodiesel memiliki viskositas yang mirip dengan petrodiesel. Biodiesel memiliki tingkat pelumasan lebih tinggi dan hampir tidak ada kandungan bilangan sulfur, sehingga biodiesel seringkali digunakan sebagai aditif untuk petrodiesel rendah sulfur (Khamidah, 2010).

Biodiesel memiliki titik didih tinggi dan titik uap yang rendah. Titik pembakaran biodiesel (>1300C, >2660F) sangat signifikan dan lebih tinggi dari petrodiesel (640C, 1470F) atau premium (-450C. -520F), sehingga memberikan pembakaran yang lebih sempurna dan dapat meningkatkan *output* energi mesin. Biodiesel memiliki kepadatan 0.88 g/cm³, lebih rendah dari air sehingga tidak dapat bercampur dengan air (Khamidah, 2010).

Biodiesel dapat langsung digunakan pada mesin diesel tanpa memerlukan modifikasi mesin, karena biodiesel mempunyai sifat fisik dan sifat kimia yang hampir sama dengan bahan bakar

diesel konvensional. Untuk melihat perbandingan antara biodiesel dan bahan bakar diesel konvensional dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Perbandingan antara Biodiesel dan Bahan Bakar Diesel

Sifat-Sifat Bahan Bakar	Diesel	Biodiesel
Standar analisa bahan bakar	ASTM D975	ASTM PS 121
Komposisi bahan bakar	C10-C21 HC	C12-C22 FAME
Lower Heating Value, Btu/gal	131,295	117,093
Viskositas kinematik, pada 40°C	1,3 – 4,1	1,9 – 6
Specific gravity, kg/L pada 60°F	0,85	0,88
Densitas, lb/gal pada 15°C	7,079	7,328
Kandungan air, ppm	161	0,055 maksimum
Kandungan karbon, % berat	87	77
Kandungan hidrogen, % berat	13	12
Kandungan oksigen, % berat	0	11
Kandungan sulfur, % berat	0,05 maksimum	0,0 – 0,024
Titik didih, °C	188 – 343	182 – 338
Flash point, °C	60 – 80	100 – 170
Cloud point, °C	-15 sampai 5	-3 sampai 12
Pour point, °C	-35 sampai -15	-15 sampai 10
Bilangan setana	40 – 55	48 – 65
Perbandingan stoikiometri udara terhadap bahan bakar, berat	15	13,8

2.3.2 Keunggulan Biodiesel

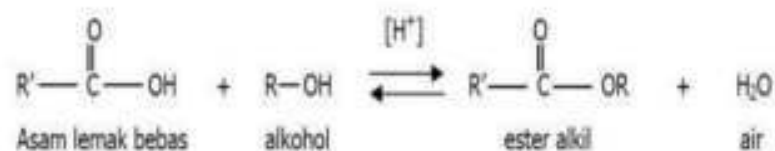
Menurut Hambali (2007), apabila dibandingkan dengan bahan bakar diesel atau solar, biodiesel memiliki beberapa keunggulan antara lain:

1. Dapat diperbaharui (*renewable*).
2. Dapat terurai (*biodegradable*).
3. Tidak menghasilkan racun (*nontoxic*).
4. Tidak menghasilkan senyawa penyebab kanker (*carcinogen*).
5. Memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin.
6. Mampu mengeliminasi efek rumah kaca.
7. Tidak memiliki resiko meledak selama penyimpanan dan kontinuitas ketersediaan bahan baku terjamin.

2.4 Proses Pembuatan Biodiesel

2.4.1 Reaksi Esterifikasi

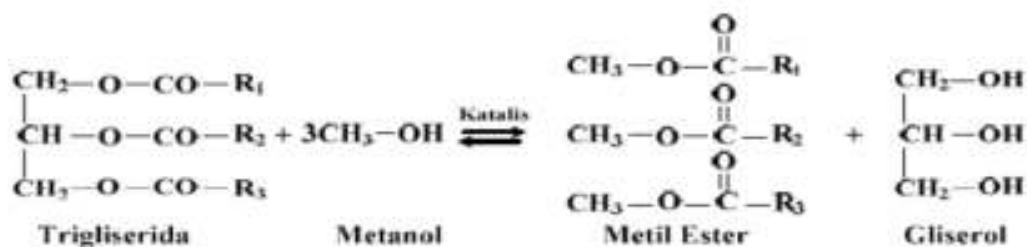
Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat seperti asam sulfat, asam klorida dan asam fosfat. Reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih. Kadar Free Fatty Acid (FFA) dari minyak nyamplung harus dikurangi hingga mencapai $\leq 2\%$. Hal tersebut disebabkan karena jika kadar FFA dalam minyak nyamplung terlalu tinggi mengakibatkan munculnya reaksi penyabunan (Christina, 2013). Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester disajikan pada **Gambar 2.2**



Gambar 2.2. Reaksi Esterifikasi

2.4.2 Reaksi Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah tahap konversi dari trigliserida menjadi alkil ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Reaksi transesterifikasi juga menggunakan katalis. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan bisa mencapai maksimum, namun reaksi berjalan dengan lambat. Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis basa, karena katalis ini dapat mempercepat Reaksi (Christina, 2013). Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester disajikan pada **Gambar 2.3**



Gambar 2.3 Reaksi Transesterifikasi

Gambar 2.3 memperlihatkan reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol menghasilkan metil ester dan gliserol, dimana R1, R2, R3 adalah hidrokarbon rantai panjang, yang biasa disebut rantai asam lemak. Biasanya, ada lima jenis rantai utama dalam minyak nabati dan minyak hewani: *palmitat*, *stearat*, *oleat*, *linoleat*, dan *linolenat*.

Bila trigliserida dikonversikan secara bertahap menjadi *digliserida*, *monogliserida*, dan akhirnya ke *gliserol*, 1 mol *ester* lemak dibebaskan pada setiap langkah (Ma dan Hanna, 1999). Biasanya, metanol merupakan alkohol yang lebih disukai untuk memproduksi biodiesel karena biaya rendah. Secara stoikiometri, reaksi transesterifikasi memerlukan 3 mol alkohol per 1 mol trigliserida untuk menghasilkan 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol. Agar reaksi transesterifikasi bergeser ke kanan, maka diperlukan alkohol berlebih di dalam reaksi. Laju reaksi memberikan level tertinggi jika kelebihan 100% metanol digunakan.

2.5 Metanol dalam Produksi Biodiesel

Metanol (CH_3OH) disebut juga metil alkohol, alkohol merupakan komponen utama yang diperlukan dalam pembuatan biodiesel. Alkohol diperlukan dalam jumlah berlebih dalam reaksi esterifikasi maupun reaksi transesterifikasi untuk menggeser keseimbangan reaksi ke arah produk. Oleh karena itu keberadaan alkohol sangat penting dalam reaksi esterifikasi maupun transesterifikasi (Budiman dkk, 2014). Alkohol yang paling umum digunakan adalah metanol (Laksono, 2013). Metanol mempunyai rumus kimia (CH_3OH). Metanol mempunyai toksisitas yang tinggi. Metanol mempunyai densitas sebesar 0,792 g/ml, titik lelehnya -104°C dan titik didihnya yaitu $64,7^\circ\text{C}$, sedikit larut dalam air, eter, dan etanol dengan kelarutan kurang dari 10%. Metanol murni sangat mudah terbakar dan memiliki fase cair pada suhu 30°C tekanan 1 atm (Budiman dkk, 2014). Pemilihan pelarut metanol didasarkan atas daya kelarutan yang besar dan titik didihnya yang rendah, sehingga biasa digunakan sebagai pelarut dalam proses transesterifikasi selain harganya yang murah. Metanol disamping itu juga dapat mengikat lemak dan tidak bersifat racun. Metanol bersifat racun dan dapat mematikan bila ditelan. Kebutaan dapat pula terjadi karena kontak dengan kulit atau penghirupan uapnya yang terlalu lama (Wood, 1986).

2.6 Katalis KOH (*kalium hidroksida*) dalam Produksi Biodiesel

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu. Suatu katalis berperan dalam reaksi tetapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi (Keenan, 1986). Terdapat tiga jenis katalis yang biasa digunakan yaitu katalis basa, asam dan enzim (bio-katalis). Katalis basa yang dapat digunakan diantaranya adalah NaOH, KOH, karbonat alkoksida dari natrium maupun kalium. Katalis asam yang dapat digunakan diantaranya adalah asam sulfat, asam sulfonat, dan asam klorida (Mardiah, 2006).

KOH atau kalium hidroksida disebut juga soda potas api dengan BM (Berat Molekul) 56,1. KOH merupakan senyawa kimia alkali kuat yang mudah terlarut dalam air, dan memberikan rasa panas. Reaktif dengan asam dan korosif pada seng, aluminium, kaleng serta menimbulkan gas yang dapat terbakar. Kalium hidroksida merupakan senyawa alkali yang sangat penting. Kalium hidroksida digunakan pada pembuatan sabun cair, pemutihan dan pembuatan bahan kimia seperti pembuatan potasium karbonat, pupuk, fosfat, baterai alkalin dan pencelupan. Pada penelitian Abbas (2011) tentang kalor biodiesel dari hasil esterifikasi dengan katalis PdCL₂ dan transesterifikasi dengan katalis KOH minyak nyamplung, didapatkan hasil kondisi terbaik pada suhu 600C dan katalis KOH terbaik 1% (b/b) minyak serta ratio mol minyak-metanol 1:20.

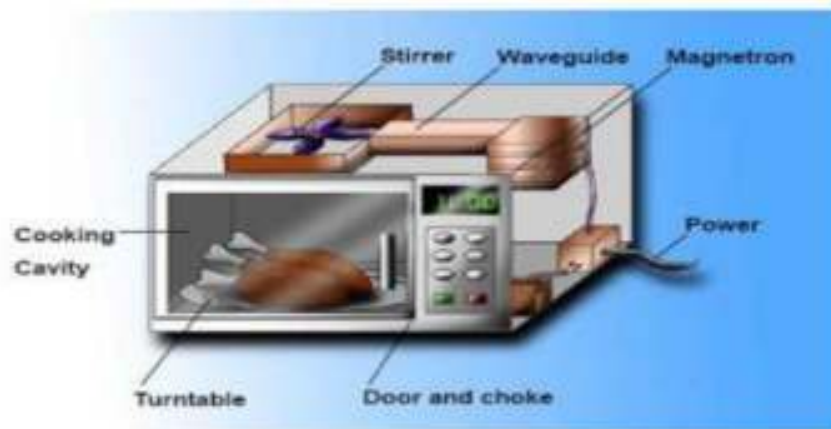
2.7 Pemanasan Menggunakan *Microwave*

Microwave adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi antara 0,3 GHz dan 300 GHz dan merupakan bentuk energi yang berada cukup rendah dalam spektrum elektromagnetik. Oven *microwave* menggunakan radiasi *microwave*, yang menghasilkan pemanasan dielektrik dengan penyerapan energi di dalam air, lemak dan gula yang terkandung dalam makanan. Selama iradiasi *microwave*, ikatan atom tidak terpengaruh atau rusak tapi energi dengan cepat ditransfer ke sampel. Dari literatur, telah diteliti bahwa iradiasi *microwave* dapat digunakan sebagai sumber panas selama reaksi transesterifikasi karena menyelesaikan reaksi transesterifikasi dalam hitungan menit. Karakteristik *microwave* dielektrik tergantung pada suhu, frekuensi dan katalis (Pranjali D., et al., 2013). Kemudian Li Wu (2013), telah

melakukan analisis termal berdasarkan metode baru untuk membantu proses pemanasan dalam melakukan produksi biodiesel.

Cara kerja *microwave* dengan cara melalui panas yang terkandung pada gelombang bukan melalui kemampuan pemecahan ikatan kompleks dari FFA atau trigliserida yang terkandung dalam minyak nabati. Pada metode konvensional, panas ditransfer ke reaktan dengan cara konduksi, konveksi dan radiasi. Akan tetapi pada teknologi *microwave*, panas di transfer secara langsung pada reaktan tanpa melalui pre- heating. Radiasi *microwave* akan mengaktifkan berbagai molekul polar dan ion-ion seperti alkohol sehingga mampu mengubah magnetiknya. Perubahan medan listrik tersebut mengakibatkan interaksi dipol-dipol molekul dan ion-ion bermuatan. Molekul dan ion tersebut akan berputar sangat cepat sehingga menghasilkan panas yang diakibatkan oleh friksi antar molekul dan ion (Budiman dkk, 2014).

Gelombang mikro (*microwave*) adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency, SHF*), yaitu diatas 3GHz (3×10^9 Hz). Sebenarnya gelombang ini merupakan gelombang radio, tetapi panjang gelombangnya lebih kecil dari gelombang radio biasa. Panjang gelombangnya termasuk ultra-short (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro, dari sinilah lahir istilah *microwave*. Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional, karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul bahan yang ingin dipanaskan oleh gelombang mikro. Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan yaitu pemanasan lebih merata serta pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik properties bahan (Handayani, 2010). Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan energi *microwave* diberikan atau dihantarkan secara langsung pada molekul-molekul yang bereaksi melalui reaksi kimia. Pindah panas menggunakan *microwave* lebih efektif daripada pemanasan secara konvensional dimana panas dipindahkan dari lingkungan (Lertsathapornsuk dkk., 2004). **Gambar 2.4** menunjukkan *microwave*.



Gambar 2.4 *Microwave*

Proses pemanasan dengan *microwave* menggunakan waktu yang lebih singkat untuk memanaskan bahan baku tanpa pemanasan awal (Lertsathapornsuk, dkk., 2004). Selain itu penggunaan *microwave* menunjukkan reaksi lebih efisien, dengan lama reaksi dan proses pemisahan yang singkat, menurunkan jumlah produk samping dan dapat menurunkan konsumsi energi (Hernando, dkk., 2007). Pemanasan dengan menggunakan *microwave* lebih menguntungkan dibandingkan dengan pemanasan secara konvensional, karena pemanasan secara konvensional sangat lambat dan tidak efisien karena transfer energi ke bahan tergantung pada arus konveksi dan konduktivitas termal campuran reaksi (Majid, 2012).

Efisiensi dari transesterifikasi *microwave* berasal dari sifat dielektrik dari campuran polar dan komponen ion dari minyak, pelarut dan katalis. Pemanasan yang cepat dan efisien pada radiasi *microwave* lebih banyak karena gelombang *microwave* berinteraksi dengan sampel pada tingkat molekular, menghasilkan campuran inter molekular dan agitasi yang meningkatkan peluang dari sebuah molekul alkohol bertemu dengan sebuah molekul minyak (Terigar, 2009). Dalam proses produksi biodiesel dengan menggunakan mikrowave, reaktan seperti minyak sayur, alkohol dan katalis dicampur menggunakan perangkat pengadukan yang cocok dan dipanaskan oleh sumber panas *microwave*. Reaktan dikenai iradiasi *microwave* dengan waktu reaksi yang diperlukan hanya beberapa menit. Setelah itu produk transesterifikasi diendapkan untuk tahap pemisahan. Tahap pemisahan biodiesel dan gliserin membutuhkan waktu 30 sampai 60 menit. Setelah tahap ini, biodiesel mentah dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran dan dikeringkan untuk menghilangkan kadar air. Waktu reaksi dan pengaturan waktu yang

dibutuhkan untuk metode pemanasan microwave adalah cepat, sehingga dapat mengurangi biaya produksi secara signifikan. Sifat bahan bakar biodiesel yang dihasilkan oleh metode ini mirip dengan biodiesel yang dihasilkan dengan metode konvensional dan memenuhi standar biodiesel.

2.8 Analisis Biodiesel

2.8.1 FFA (*Free Fatty Acid*)

Asam lemak bebas (*FFA*) dalam konsentrasi tinggi yang terikut dalam minyak nyamplung sangat merugikan. Tingginya asam lemak bebas ini mengakibatkan rendemen minyak turun. Untuk itulah perlu dilakukan usaha pencegahan terbentuknya asam lemak bebas dalam minyak nyamplung dengan cara esterifikasi dan transesterifikasi (Agustina, 2008).

Kenaikan kadar asam lemak bebas ditentukan mulai dari saat proses degumming selesai dilakukan. Kenaikan asam lemak bebas ini disebabkan adanya reaksi hidrolisa pada minyak. Sehingga Kadar Free Fatty Acid (*FFA*) dari minyak nyamplung harus dikurangi hingga mencapai $\leq 2\%$. Hal tersebut disebabkan karena jika kadar FFA dalam minyak nyamplung terlalu tinggi mengakibatkan munculnya reaksi penyabunan (Christina, 2013).

2.8.2 FAME (*Fatty Acid Methyl Esther*)

Fatty Acid Methyl Ester (*FAME*) sebagai salah satu bahan baku alternatif bahan bakar pada industri dihasilkan lewat reaksi metanolisis lemak atau minyak alami. *FAME* ini sendiri dihasilkan lewat substitusi molekul gliserol yang ada di fatty acid trigliserida dengan tiga molekul methanol dengan bantuan katalis. Kelebihan *FAME* dari pada *fatty acid* murni yaitu dalam hal kestabilan *Methyl Ester* terhadap pembentukan warna dan degradasi oksidatif jika dipanaskan. Fatty acid methyl ester sebagai bahan bakar alternative motor diesel (biodiesel) merupakan hasil dari transesterifikasi trigliserida yang terkandung pada berbagai minyak nabati seperti minyak sayuran ataupun minyak bekas pakai (Nurul, 2010). Menurut SNI nomor 7182-2015 standar Fatty Acid Methy Esther untuk syarat mutu biodiesel adalah 96.50 %.

2.8.3 Densitas

Densitas atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Massa jenis rata – rata suatu benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Satuan SI massa jenis adalah kilogram per meter kubik (kg/m^3). Densitas berfungsi untuk menentukan

zat. Setiap zat memiliki densitas yang berbeda-beda (Carlina, 2015). Densitas dipengaruhi oleh derajat ketidakjenuhan dan berat molekul minyak. Derajat ketidakjenuhan yang besar menyebabkan densitas semakin kecil. Sedangkan semakin besar rata-rata molekul asam lemak penyusun trigliserida, maka semakin besar densitas minyak tersebut (Rahmani, 2008). Maka, dilakukan uji densitas untuk mengetahui massa jenis dari minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) yang digunakan. Densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar. Menurut SNI nomor 7182-2015, densitas bahan bakar untuk mesin diesel berkisar antara 0,85-0,89 g/ml.

2.8.4 Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan suatu fluida. Setiap fluida memiliki besar viskositas yang berbeda. Viskositas dapat diketahui dengan menggunakan alat viskometer. Jika viskositas semakin tinggi, maka tekanan untuk mengalir akan semakin tinggi. Karakteristik ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel. Pada umumnya, bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relatif rendah agar dapat mudah mengalir. Menurut SNI nomor 7182-2015 standar viskositas bahan bakar untuk mesin diesel berkisar antara 2,3-6,0 mm²/s pada suhu 400C.

2.8.5 Angka Asam

Angka asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas. Angka asam dinyatakan sebagai jumlah miligram KOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gr minyak atau lemak (Ketaren, 1986). Angka asam yang besar menunjukkan asam lemak bebas yang besar juga, yang berasal dari hidrolisa minyak atau lemak ataupun karena proses pengolahan yang kurang baik. Semakin tinggi bilangan asam, maka semakin rendah kualitasnya (Sudarmadji, 2003). Menurut SNI, angka asam pada bahan bakar diesel maksimal 0,8 mg KOH/g minyak.

2.8.6 Rendemen

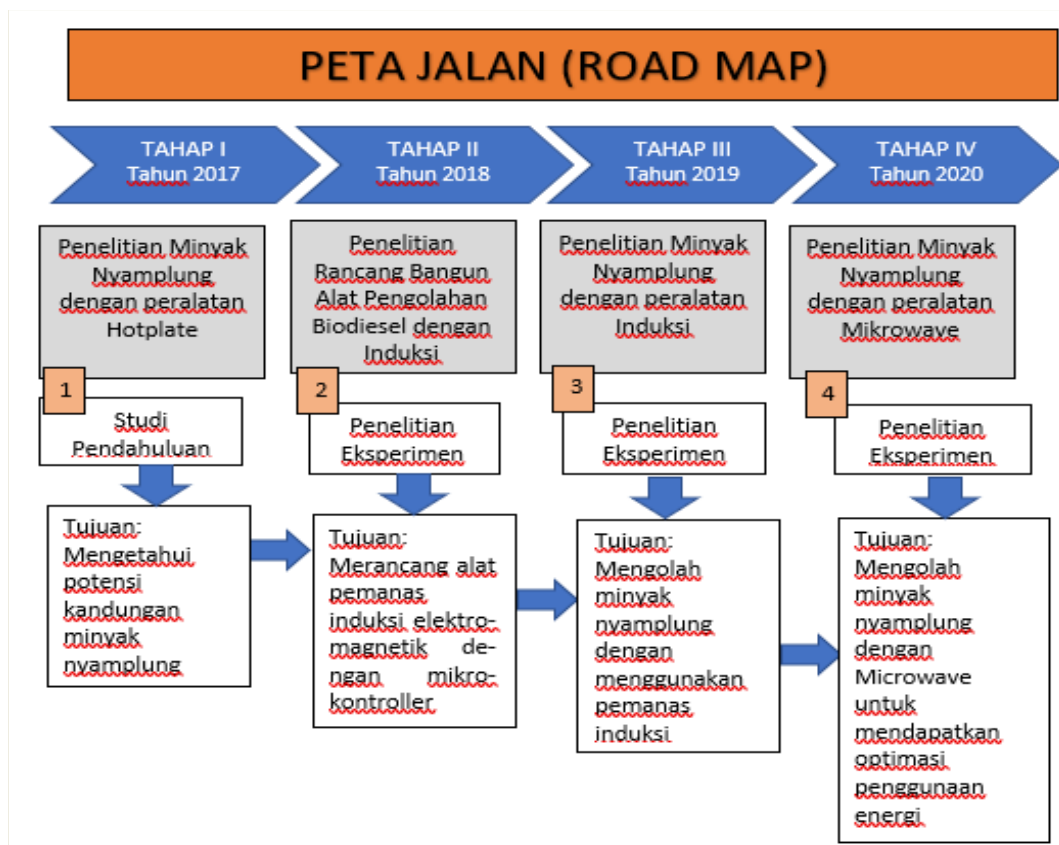
Rendemen adalah perbandingan jumlah minyak yang dihasilkan dari ekstraksi minyak nyamplung. Rendemen menggunakan satuan persen (%). Semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan menandakan nilai minyak nyamplung yang dihasilkan semakin banyak. Kualitas minyak yang dihasilkan biasanya berbanding terbalik dengan jumlah rendemen yang

dihasilkan. Semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan maka semakin rendah mutu yang didapatkan (Haryanto, 2015).

2.9 Road Map

2.9.1 Road Map Penelitian

Penelitian tentang biodiesel minyak nyamplung sudah pernah dilakukan, namun sebelumnya menggunakan peralatan hotplate (konvensional), dan peralatan pemanas induksi dan akan mencoba menggunakan menggunakan *microwave* dengan memvariasikan daya pada *microwave*. Tujuannya agar diperoleh optimasi penggunaan energi dan minyak biodiesel sesuai dengan standar SNI. Adapun road map penelitian yang pernah dan akan dilakukan seperti berikut:



2.9.2 Road Map (Peta Jalan) Penelitian Undana 2016-2019 dari Bidang Unggulan yang Dipilih

1. Payung dan Komponen Payung Penelitian Lemlit Undana

No	Payung	Wilayah Payung	Komponen Payung (Topik yang diinginkan))	Stakeholder Berkompeten	
				Fakultas	Puslit
5	Rekayasa sipil, energi dan teknologi informatika	Penelitian guna mendukung upaya pengembangan daerah kepulauan dan terisolir, sumberdaya energi non fosil dan pengembangan teknologi informatika	Penelitian yang mengarah pada upaya rekayasa sipil untuk sarana dan prasarana pembangunan, energi terbaru-kan dan alternatif serta aspek pengembangan, energi terbarukan dan alternatif serta aspek pengembangan efektifitas dan efisiensi proses manajemen dan deseminasi hasil iptek	FST	PS PPLHSA

2. Road Map Penelitian Undana 2016 – 2020

No	Payung Penelitian	Prioritas		Road Map					Kriteria & Indikator Pencapaian
				2016	2017	2018	2019	2020	
6	Rekayasa sipil, energi dan teknologi informatika	Unggulan	Energi baru dan terbarukan	Inventarisasi sumber-sumber energy alternatif selain energy dari bahan bakar fosil.	Inventarisasi sumber-sumber energy alternatif selain energy dari bahan bakar fosil.	Pemetaan potensi energi baru dan terbarukan	Updating potensi energi baru dan terbarukan	Sosialisasi tingkat kebutuhan, ketersediaan energi dan ketenagalistrikan di daerah yang berpotensi untuk energi baru dan terbarukan	Data base, model, jurnal, buku Ajar
			Perancangan rekayasa	Inventarisasi sistem-sistem minimum instrumen yang dapat	Perancangan sistem-sistem minimum instrumenta	Perancangan sistem-sistem minimum instrumenta	Studi kelayakan potensi dan operasional sistem-	Sosialisasi penerapan sistem-sistem minimum instrumentasi	Data base, model, jurnal, buku ajar

			instrumentasi	dite-rapkan dalam pengabdian masyarakat dan industri	si untuk terapan pengabdian masyarakat dan industri.	si untuk terapan pengabdian masyarakat .	sistem minimum instrumentasi	kepada stakeholder.	
			Sistem Telematika dan rekayasa teletrafik	Studi tentang layanan dan sistem multimedia, layanan berbasis internet, sistem protokol aplikasi dan mobile computing, manajemen trafik, pemodelan dan pengukuran trafik, mekanisme QoS internet	Kajian dengan penerapan model berbasis simulasi computer tentang sistem telematika dan rekayasa trafik	Kajian layanan terhadap penerapan layanan sistem telematika dan rekayasa tele-trafik	Pengembangan kajian layanan terhadap penerapan layanan sistem telematika dan rekayasa teletrafik	Sosialisasi dan Implementasi perubahan layanan sistem telematika dan rekayasa teletrafik	Data base, model, jurnal, buku ajar

			Peningkatan keandalan sistem tenaga listrik	Identifikasi dan studi tentang metode-metode dalam peningkatan keandalan sistem tenaga listrik	Kajian dan uji coba metode untuk peningkatan keandalan STL melalui simulasi perangkat lunak	Kajian dan penelitian lapangan tentang metode-metode praktis untuk peningkatan keandalan STL pada sisi pembangkit, distribusi dan beban	Kajian dan penelitian lapangan yang lebih mendalam tentang metode-metode praktis untuk peningkatan keandalan STL pada sisi pembangkit, distribusi dan beban	Sosialisasi dan implementasi metode-metode praktis untuk peningkatan keandalan sistem tenaga listrik baik pada sisi pembangkit, distribusi maupun beban.	Data base, model, jurnal, buku ajar
			Peningkatan efisiensi mesin-mesin listrik	Kajian tentang penggunaan komponen-komponen elektronika dalam mesin-mesin listrik	Kajian dan uji coba penggunaan komponen-komponen elektronika	Kajian dan ujicoba penggunaan komponen-komponen elektronika	Pengembangan penelitian dengan penerapan metode-metode peningkatan	Sosialisasi dan implementasi komponen-komponen elektronika dalam peningkatan efisiensi mesin listrik	Data base, model, jurnal, buku ajar

					ka untuk pe- ningkatan efisiensi mesin listrik	ka untuk pe- ningkatan efisiensi mesin listrik	efisiensi mesin listrik		
			Efisiensi distribusi tenaga listrik	Studi tentang ber--bagai aspek efisiensi distribusi dari sisi pembangkit kepada beban /konsumen	Kajian dan uji coba aplikasi berbagai ma-terial dan me-tode yang te-pat sehingga terjadi pening-katan efisiensi pada tahap distribusi tenaga listrik	Pengemban g-an kajian pe-nelitian mate-rial dan meto-de peningka-tan efisiensi distribusi te-naga listrik	Pengemban g-an kajian lapa-ngan tentang material dan metode peni-ngkatan efisi-ensi distribusi tenaga listrik	Sosialisasi dan penggunaan material dan metode peningkatan efisiensi distribusi tenaga listrik	Data base, model, jurnal, buku ajar

			Signal dan Image Processing	Studi tentang metode-metode pengolahan sinyal dan citra	Kajian dan uji coba penggunaan signal & image processing dalam bidang pertanian, kelautan, kedokteran, remote sensing, bio-medik, bio-metric, bidang security	Pengembangan penelitian penerapan signal dan image processing dalam bidang pertanian, kelautan, kedokteran, remote sensing, bio-medik, biometric, security	Pengembangan penelitian penerapan signal dan image processing dalam bidang pertanian, kelautan, kedokteran, remote sensing, biomedik, biometric, security	Sosialisasi dan implementasi kepada stakeholder	Data base, model, jurnal, buku ajar
			Aplikasi ICT	Studi dan kajian tentang penggunaan ICT dalam berbagai bidang	Kajian dan implementasi penggunaan ICT dalam untuk mitigasi	Pengembangan model aplikasi ICT dalam bidang mitigasi bencana, GIS (ke-	Pengembangan model aplikasi ICT dalam bidang mitigasi bencana, GIS (ke-	Sosialisasi pemanfaatan ICT dan model pengembangannya kepada stakeholder	

					bencana, GIS (kelautan, pemukiman, pertanian, geologi), e-learning dan Content Management System (CMS)	lautan, pemukiman, pertanian, geologi), e-learning, CMS	lautan, pemukiman, pertanian, geologi), e-learning, CMS		
			Perancang an rekayasa instrumentasi	Inventarisasi sistem-sistem minimum instrumen yang dapat diterapkan dalam pengabdian masyarakat dan industry	Perancang an sistem-sistem minimum instrumentasi untuk terapan pengabdian masyarakat dan industri.	Perancang an sistem-sistem minimum instrumentasi untuk terapan pengabdian masyarakat .	Studi kelayakan potensi dan operasional sistem-sistem minimum instrumentasi	Sosialisasi penerapan sistem-sistem minimum instrumentasi kepada stakeholder.	Data base, model, jurnal, buku ajar

		Terobosan	Telekomunikasi radio	Studi tentang implementasi sistem komunikasi radio/mobile, antenna dan propagasi, pengolahan sinyal untuk telekomunikasi, dan aplikasi satelit	Kajian dan pembuatan model/simulasi menggunakan perangkat lunak	Pengembangan penelitian melalui kajian dan uji coba model hasil simulasi perangkat lunak	Pengembangan penelitian lapangan melalui kajian dengan penerapan metode-metode komunikasi radio	Sosialisasi pengembangan dan implementasi model komunikasi radio	Data base, model, jurnal, buku ajar
			Proteksi terhadap gangguan sistem	studi tentang gangguan sistem tenaga listrik, dan metode proteksi terhadap gangguan system	Kajian dan uji coba metode proteksi terhadap gangguan sehingga sistem tetap dalam keadaan stabil	Pengembangan kajian tentang metode proteksi terhadap gangguan yang diaplikasikan pada STL	Pengembangan kajian tentang metode proteksi terhadap gangguan yang diaplikasikan pada STL	Sosialisasi dan penerapan metode-metode praktis dalam penanggulangan gangguan STL	Data base, model, jurnal, buku ajar

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2020 sampai Oktober 2020 di Laboratorium Terpadu Universitas Nusa Cendana dan Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. *Microwave oven*

Digunakan sebagai pembangkit gelombang mikro yang berperan untuk proses transesterifikasi campuran minyak nyamplung, katalis, dan metanol. *Microwave oven* yang digunakan adalah *Microwave oven* dengan merk SHARP dengan daya maksimum 400 watt.

b. Timbangan digital

Digunakan untuk mengukur massa katalis dan berat minyak yang akan digunakan

c. Gelas ukur

Digunakan untuk mengukur volume minyak nyamplung, metanol, dan volume hasil biodiesel

d. Botol sampel

Digunakan sebagai wadah untuk menampung hasil biodiesel yang didapatkan setelah proses

e. Erlenmeyer

Digunakan sebagai alat yang berfungsi untuk wadah bercampurnya metanol, katalis, dan minyak selama reaksi

f. Pipet tetes

Digunakan sebagai alat untuk mengambil sampel minyak hasil proses

g. Spatula

Digunakan untuk mengambil katalis saat proses penimbangan

- h. Corong pemisah
Digunakan untuk memisahkan lapisan biodiesel dengan lapisan gliserol
- i. Beaker glass
Digunakan sebagai wadah untuk mencampurkan katalis dan metanol dan juga sebagai wadah untuk pengujian kadar asam lemak bebas
- j. Termometer
Digunakan untuk mengukur suhu pada setiap proses
- k. Hot plate stirrer
Digunakan untuk mengaduk campuran minyak dengan metoksida
- l. Kompor
Digunakan untuk melakukan pemanasan pada proses pengeringan pada biodiesel setelah pencucian
- m. Panci kecil aluminium
Digunakan sebagai wadah hasil pencucian biodiesel
- n. Pengaduk
Digunakan untuk mengaduk pada saat proses pengeringan

3.2.2 Bahan

- a. Minyak nyamplung
Minyak nyamplung yang digunakan merupakan minyak dari biji buah nyamplung yang dikirim langsung dari Kebumen, Jawa Tengah setelah proses pengeringan dan pengepresan.
- b. Metanol
Metanol yang digunakan adalah metanol teknis dengan kadar 95% yang berguna untuk menjalankan proses transesterifikasi lebih sempurna. Metanol diperoleh dari Toko Kimia Makmur Sejati Komp. Griya Shanta Blok L/238.
- c. Katalis Asam
Katalis asam yang digunakan adalah asam fosfat (H_3PO_4) dan asam sulfat (H_2SO_4) yang diperoleh dari Toko Kimia Makmur Sejati Komp. Griyashanta Blok L/238, Malang.

d. Katalis Basa

Katalis basa yang digunakan adalah kalium hidroksida yang diperoleh dari Toko Kimia Makmur Sejati Komp. Griyashanta Blok L/238, Malang.

e. Indikator PP

Indikator PP yang digunakan yaitu sebagai pereaksi pada pengujian kadar asam lemak bebas.

f. Aquades

Aquades yang digunakan sebagai media pencucian (washing) biodiesel setelah dilakukannya setiap proses. Aquades diperoleh dari Toko Makmur Sejati, Malang.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah perbandingan rasio molar metanol : minyak (A) yang terdiri dari 3 variasi, yaitu rasio molar metanol : minyak sebesar 6:1 (A1), 9:1 (A2), dan 12:1 (A3). Sedangkan faktor kedua adalah daya *Microwave* (B) yang terdiri dari 3 variasi yaitu 10% (10%) (B1), 30% (30%) (B2), dan 50% (50%) (B3). Masing – masing perlakuan dilakukan sebanyak 2 kali ulangan.

Tabel 3.1 Kombinasi Perlakuan Percobaan

Rasio Molar Metanol : Minyak (A)	Daya <i>Microwave</i> (B) (watt)		
	B1	B2	B3
A1	A1B1	A1B2	A1B3
A2	A2B1	A2B2	A2B3
A3	A3B1	A3B2	A3B3

Keterangan :

- A1B1 = Perbandingan rasio molar metanol : minyak sebesar 6:1 dengan daya *Microwave* sebesar 10%
- A1B2 = Perbandingan rasio molar metanol : minyak sebesar 6:1 dengan daya *Microwave* sebesar 30%
- A1B3 = Perbandingan rasio molar metanol : minyak sebesar 6:1 dengan daya *Microwave* sebesar 50%

- A2B1 = Perbandingan rasio molar metanol : minyak sebesar 9:1 dengan daya *Microwave* sebesar 10%
- A2B2 = Perbandingan rasio molar metanol : minyak sebesar 9:1 dengan daya *Microwave* sebesar 30%
- A2B3 = Perbandingan rasio molar metanol : minyak sebesar 9:1 dengan daya *Microwave* sebesar 50%
- A3B1 = Perbandingan rasio molar metanol : minyak sebesar 12:1 dengan daya *Microwave* sebesar 10%
- A3B2 = Perbandingan rasio molar metanol : minyak sebesar 12:1 dengan daya *Microwave* sebesar 30%
- A3B3 = Perbandingan rasio molar metanol : minyak sebesar 12:1 dengan daya *Microwave* sebesar 50%

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Pembuatan *Degumming* Minyak Nyamplung

Pada saat sebelum minyak nyamplung digunakan pada penelitian harus terlebih dahulu dilakukan proses *degumming*, yang bertujuan untuk memisahkan minyak dari getah atau lendir yang terdiri dari fosfatida, karbohidrat, residu, air dan resin (Khamidah, 2010). Proses *degumming* dilakukan dengan mengambil minyak nyamplung 400ml dan memasukkan asam fosfat (H_3PO_4) sebanyak 5% (v/v) dari minyak, dan melakukan pemanasan dan pengadukan menggunakan hot plate magnetic stirrer selama 15 menit pada suhu $80^{\circ}C$ hingga terbentuk endapan dibagian bawah minyak, kemudian minyak dipisahkan dari endapannya secara gravitasi, lalu dicuci dengan air $70^{\circ}C$, kemudian didiamkan selama 1 hari, lalu dipisahkan air dan minyak pada corong pemisah, kemudian dipanaskan pada kompor listrik selama 10 menit pada suhu $100^{\circ}C$ agar terhilang dari air yang tersisa, kemudian di ukur hasil minyak *degumming* pada gelas ukur dan didapatkan hasil minyak sebanyak 340ml. Setelah dilakukan proses pemanasan, maka minyak nyamplung dapat diolah menjadi bahan bakar nabati. Dalam hal ini, minyak nyamplung dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar nabati. Hasil dari proses *degumming* memperlihatkan perbedaan warna yang jelas dari minyak asalnya, yaitu dari warna hijau tua kehitaman berubah menjadi warna kemerahan.

3.4.2 Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung Menggunakan Katalis Kimia KOH Melalui Proses Transesterifikasi

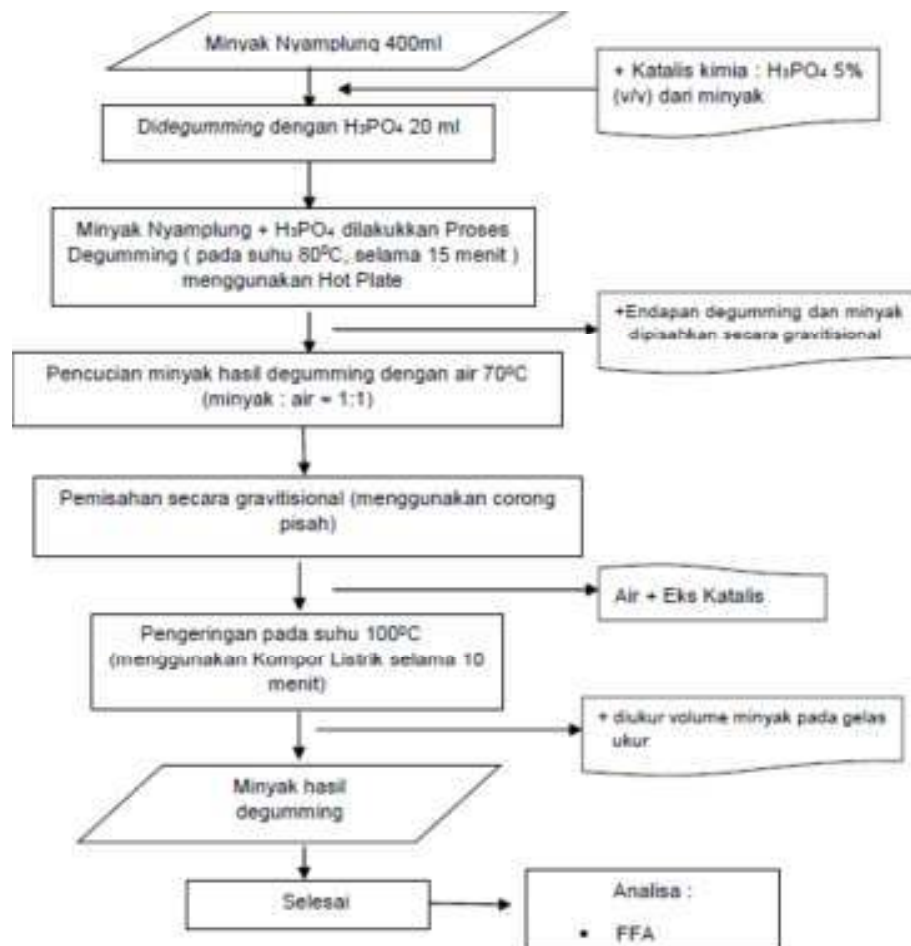
Proses pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung diawali dengan proses esterifikasi terlebih dahulu lalu dilakukan proses transesterifikasi. Minyak nyamplung yang digunakan

setelah proses esterifikasi sebanyak 210 ml. Pada proses transesterifikasi minyak dari hasil esterifikasi dibagi menjadi tiga untuk masing-masing pengulangan sampel 1-3 sehingga pada proses transesterifikasi minyak yang digunakan sebanyak 70ml, kemudian dilakukan dengan menambahkan metanol ke dalam minyak nyamplung dengan perbandingan molar metanol terhadap minyak sebesar 6:1. Proses transesterifikasi dilakukan dengan variasi pemanasan menggunakan *microwave*, lalu siapkan katalis kalium hidroksida (KOH) sebanyak 2% dari bobot minyak nyamplung dan dilarutkan dalam metanol. Didalam *microwave* dilakukan mixing antara campuran minyak, metanol, dan katalis pada suhu 60⁰C dengan intensitas variasi daya 10%, 30%, dan 50%.

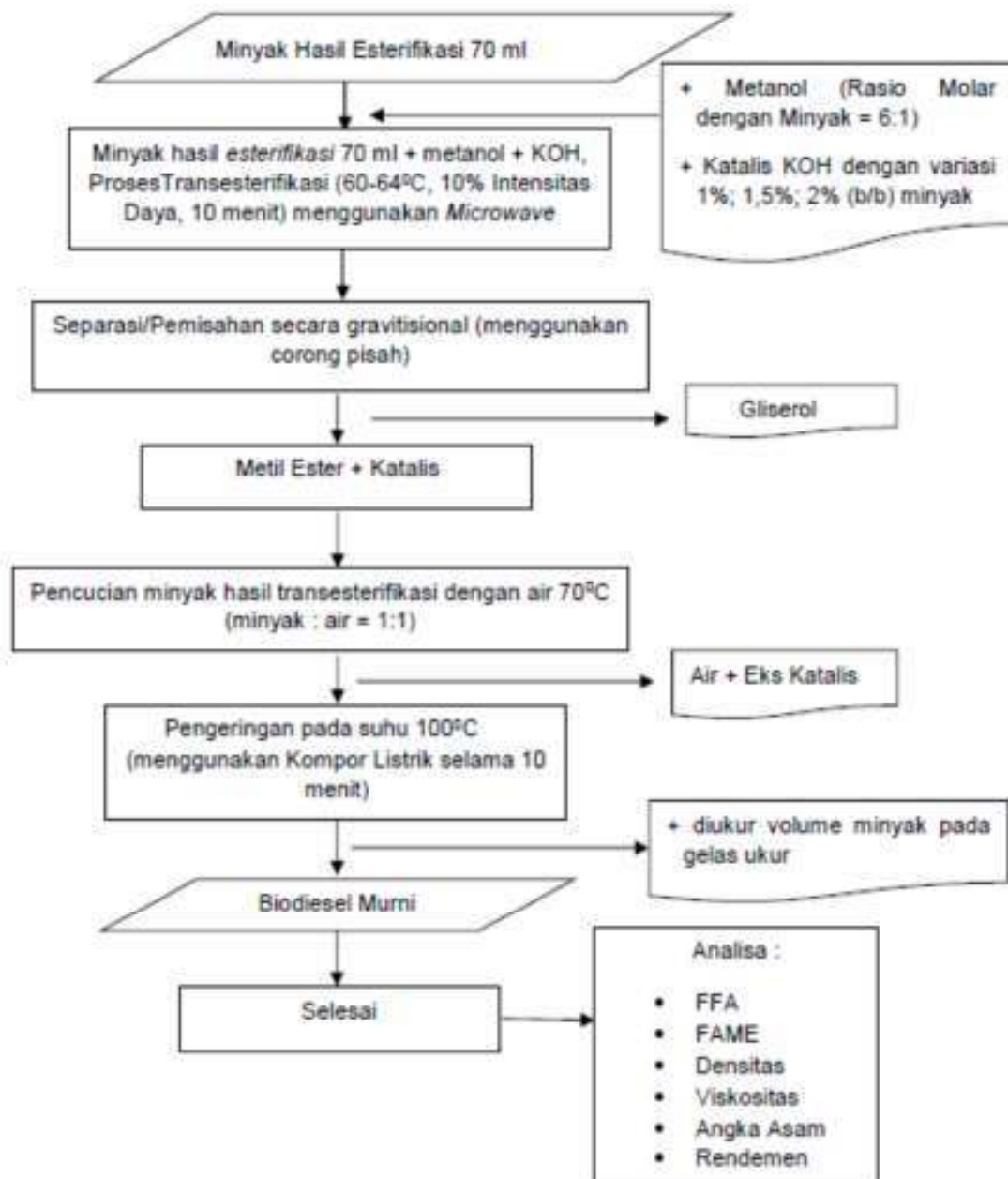
Setelah proses transesterifikasi selesai hasil reaksi dipindahkan dan dilakukan pemisahan secara gravitisional ke dalam corong pisah dan didiamkan sampai terjadi pemisahan. Setelah terjadi pemisahan dan terbentuk 2 fasa, dimana cairan di atas merupakan biodiesel dan di bawahnya terdapat gliserol dan sisa-sisa hasil reaksi. Selanjutnya biodiesel dipisahkan dari gliserol dan sisa reaksi lainnya, sehingga yang tersisa hanya biodiesel murni. Biodiesel yang diperoleh dicuci dengan air hangat suhu 70⁰C dari volume biodiesel yang diperoleh/dihasilkan. Biodiesel yang telah dicuci masih memiliki sisa-sisa air, sehingga harus dihilangkan kadar airnya agar biodiesel yang dihasilkan sesuai dengan standar SNI. Penghilangan kadar air tersebut dengan cara pemanasan menggunakan kompor listrik pada suhu 100⁰C selama 10 menit agar biodiesel dan air terpisah sempurna, kemudian di ukur hasil minyak transesterifikasi pada gelas ukur.

3.5 Diagram Alir Penelitian

3.5.1 Diagram Alir Degumming



3.5.2 Diagram Alir Transesterifikasi menggunakan KOH



3.6 Parameter dan Analisa Data

3.6.1 Parameter Penelitian

Parameter – parameter yang akan diteliti meliputi:

1. Analisa Persentase FAME

Identifikasi senyawa metil ester (biodiesel) menggunakan *gas chromatography* (GC). Jika kandungan metil ester pada senyawa biodiesel tinggi maka dimungkinkan tingginya konversi trigliserida dalam minyak menjadi metil ester. Sehingga semakin besar kandungan metil ester maka kemurnian biodiesel juga semakin besar.

2. Viskositas

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki oleh fluida yang dialirkan melalui pipa kapiler terhadap gaya gravitasi. Biasanya viskositas dinyatakan dalam waktu yang diperlukan untuk mengalir pada jarak tertentu.

3. Densitas

Densitas biasa disebut juga dengan berat jenis, menunjukkan perbandingan berat per satuan volume. Karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pengolahan Biodiesel Nyamplung

4.1.1 Proses *Degumming*

Pada penelitian ini, digunakan bahan baku berupa minyak nyamplung hasil pengepresan biji buah nyamplung. Pengepresan biji dilakukan setelah dilakukannya proses pembersihan dan pengeringan. Kandungan asam lemak bebas pada bahan baku masih sangat tinggi maka diperlukan proses *Degumming* sebelum ke tahap esterifikasi. *Degumming* dilakukan dengan menggunakan katalis asam fosfat (H_3PO_4) sebanyak 5% v/v dan dilakukan pencucian untuk menghilangkan sisa katalis yang tertinggal pada minyak. Hal ini sudah sesuai dengan pernyataan Christina dkk (2012) bahwa *Degumming* dilakukan menggunakan asam fosfat (H_3PO_4), karena senyawa tersebut mengikat getah, oleh karena asam fosfat bersifat asam maka dilakukan pencucian dengan aquades hangat hingga dicapai pH netral. Karakteristik minyak nyamplung dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Minyak Nyamplung

Karakteristik	Sebelum <i>Degumming</i> (crude oil)	Sesudah <i>Degumming</i> (refined oil)
Kadar asam lemak bebas	19,82 %	15,21 %
Warna	Hijau gelap dan kental	Kuning kemerahan dan kental

Dari hasil analisa asam lemak bebas yang dilakukan pada bahan baku minyak nyamplung, didapatkan nilai sebesar 19,82% sedangkan kandungan asam lemak bebas setelah proses *degumming* didapatkan sebesar 15,21%. Nilai ini sangat jauh dibawah dari besaran FFA pada literatur yang ada yaitu sebesar 29,53% untuk sebelum *degumming* dan 27,21% untuk setelah *degumming* (Balitbang Kehutanan, 2008). Untuk warna, secara penampakan pada bahan baku sebelum *degumming* berwarna hijau gelap dan kental sedangkan setelah proses *degumming* berwarna kuning kemerahan akibat proses pemisahan getah dari minyak. Bahan baku minyak

nyamplung yang digunakan pada penelitian ini masih terbilang dalam kondisi baik terutama dari nilai asam lemak bebas yang masih jauh dibawah dari nilai pada literatur.

4.1.2 Proses Esterifikasi

Reaksi esterifikasi pada penelitian ini dilakukan pada daya *microwave* sebesar 10% selama 75 menit dan dengan rasio molar 1:20. Hal ini dilakukan karena pada settingan daya *microwave* sebesar 10% dan pada waktu selama 75 menit mendapatkan suhu rata rata 65°C. Perlakuan ini sudah sesuai dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Christina dkk (2012), bahwa reaksi esterifikasi dilakukan pada suhu 65°C karena dapat menghasilkan konversi metil ester yang tinggi dengan perbandingan mol 1:20. Selanjutnya minyak tersebut diuji kandungan asam lemak bebasnya. kandungan asam lemak bebas minyak nyamplung sesudah proses esterifikasi didapatkan nilai akhir rata rata FFA-nya sebesar 1,429%.

Tabel 4.2 Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Nyamplung setelah Esterifikasi

Karakteristik	Setelah <i>Degumming</i>	Esterifikasi (1x)	Esterifikasi (2x)
Asam Lemak Bebas (<i>FFA</i>)	15,21%	3,951%	1,429%

Berdasarkan Tabel 4.2 ini, dapat diketahui bahwa kadar FFA pada minyak nyamplung hasil esterifikasi menurun yaitu dari 15,21% menjadi 1,429%. Oleh sebab itu dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya yang sesuai dengan pernyataan Christina dkk (2012), bahwa kadar FFA yang diperoleh dari hasil esterifikasi sudah <2%, sehingga dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu transesterifikasi, namun jika kadar FFA masih diatas 2% maka harus dilakukan proses esterifikasi kembali.

4.1.3 Proses Transesterifikasi

Tahap ini merupakan tahap utama dalam penelitian ini, dimana trigliserida yang merupakan komponen utama minyak dikonversi menjadi biodiesel dan gliserol. Pada proses ini dilakukan dengan menggunakan katalis KOH 1% b/b dengan beberapa variasi rasio molar minyak-metanol yaitu 1:6 ; 1:9 ; dan 1:12 dan variasi daya *Microwave* yaitu sebesar 10% (10

menit), 30% (4 menit), dan 50% (2 menit). Settingan waktu dan daya tersebut dilakukan agar mendapatkan suhu rata – rata reaksi mencapai kisaran sebesar 65°C. Hal ini disesuaikan dengan pernyataan Reefat (2008), bahwa suhu optimal pada proses transesterifikasi menggunakan katalis KOH yaitu 65°C. Data hasil transesterifikasi disajikan pada **Tabel 4.3**. Selanjutnya, data hasil biodiesel dari penelitian ini dapat diketahui bahwa hasil persentase biodiesel terbesar diperoleh perlakuan rasio molar 1:6. Untuk pengaturan daya *microwave* sebesar 10% dengan waktu pemanasan selama 10 menit diperoleh persentase biodiesel sebesar 83,448%. Data hasil penelitian secara lengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 2** dan **Lampiran 3**.

Berdasarkan persamaan Arrhenius menyebutkan bahwa suhu merupakan faktor yang mempengaruhi nilai konstanta kecepatan reaksi (k), hal itu berarti dengan meningkatnya suhu maka kecepatan reaksi akan semakin meningkat. Namun, hasil tersebut berbeda dengan persamaan Arrhenius karena pada suhu diatas suhu optimumnya biodiesel yang diperoleh menjadi lebih sedikit. Penurunan persentase biodiesel pada suhu diatas suhu optimum disebabkan karena kemungkinan menguapnya metanol akibat dari pemanasan yang lebih dari pada suhu/titik dididhnya, pengaruh itulah yang mengakibatkan kontak antar reaktan tidak dapat berjalan dengan maksimal sehingga reaksi yang terbentuk tidak berjalan dengan sempurna (Christina dkk, 2012).

Tabel 4.3 Hasil setelah Proses Transesterifikasi

Nama Sampel	Rasio Molar Minyak-Metanol	Daya Microwave (%)	Suhu Akhir (°C)	Persentase Crude Biodiesel (%)	Persentase Crude Glycerol (%)
A1B1	1:6	10	63	83,448	16,552
A1B2		30	69	81,564	18,436
A1B3		50	71	81,25	18,75
A2B1	1:9	10	63	77,150	22,85
A2B2		30	65	78,711	21,289
A2B3		50	67	74,965	25,035
A3B1	1:12	10	62	76,240	23,760
A3B2		30	67	72,838	27,162
A3B3		50	70	72,513	27,487

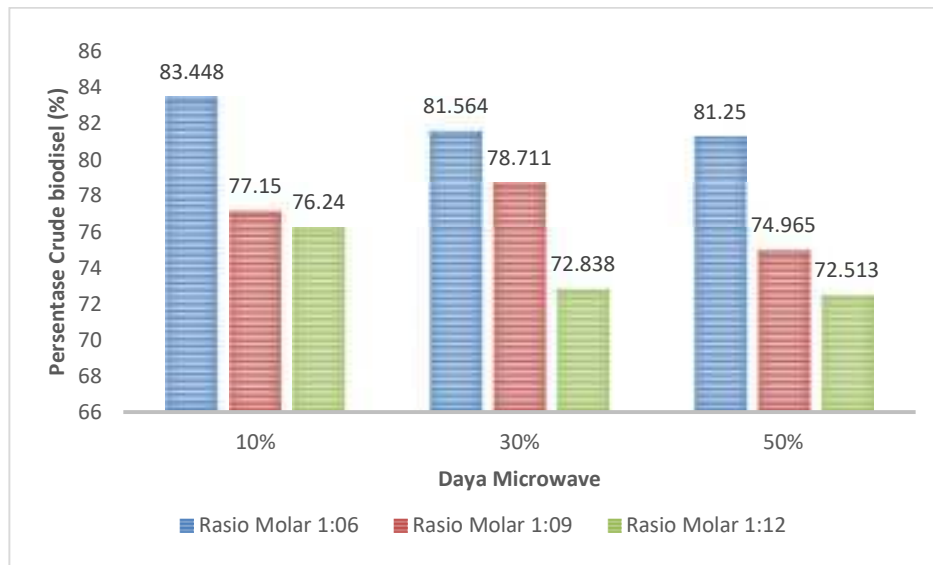
4.2 Pengaruh Daya *Microwave* dan Rasio Molar Minyak-Metanol terhadap Persentase *Crude Biodiesel* dan Persentase *Crude Glycerol*

Rasio molar minyak dengan metanol merupakan perbandingan mol antara minyak dan metanol pada proses transesterifikasi. Rasio molar termasuk dalam faktor penting yang dapat mempengaruhi hasil biodiesel yang dihasilkan. Secara stoikiometri, reaksi 1 mol trigliserida membutuhkan 3 mol alkohol. Berdasarkan pernyataan Situmorang (2005) bahwa penggunaan jumlah alhohol yang berlebih dapat meningkatkan perolehan alkil ester, namun pemberian alkohol berlebih akan mengakibatkan pemisahan gliserol dengan biodiesel menjadi sulit. Sedangkan jika penambahan alkohol terlalu sedikit maka akan menghasilkan alkil ester yang sedikit. Oleh karena itu perbandinga mol antara alkohol dan trigliserida harus dapat dilakukan dengan perhitungan yang baik agar hasil reaksi dapat dimaksimalkan.

Selain rasio molar, suhu reaksi yang dihasilkan dalam proses transesterifikasi pada besarnya daya *Microwave* yang berbeda sangat berpengaruh terhadap hasil biodiesel. Berdasarkan pernyataan Muhammad dkk (2014) bahwa pada katalis basa, suhu yang terlalu tinggi justru akan menurunkan yield biodiesel karena adanya reaksi samping (saponifikasi).

4.2.1 Persentase *Crude Biodiesel*

Pada hasil biodiesel yang telah didapat, dilakukan pemisahan antara *crude biodisel* dan *crude glycerol*. Setelah itu diukur massa *crude biodisel* dan massa crude glyserol pada hasil biodiesel di setiap kombinasi perlakuannya lalu dihitung persentase hasil tersebut yang hasil datanya disajikan pada **Gambar 4.1**. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa persentase tertinggi didapat pada kombinasi perlakuan dengan rasio molar minyak-metanol 1:6 yaitu sebesar 83,448% pada persentase rata - rata sebesar 82,218% dari 3 variasi daya *Microwave* untuk persentase massa *crude biodisel* dan hasil terendah dapat diketahui dari hasil kombinasi perlakuan dengan kombinasi perlakuan rasio molar minyak-metanol 1:12 yaitu sebesar 72,513% pada rata – rata sebesar 73,864% dari 3 variasi daya *Microwave* untuk persentase massa *crude biodisel*.



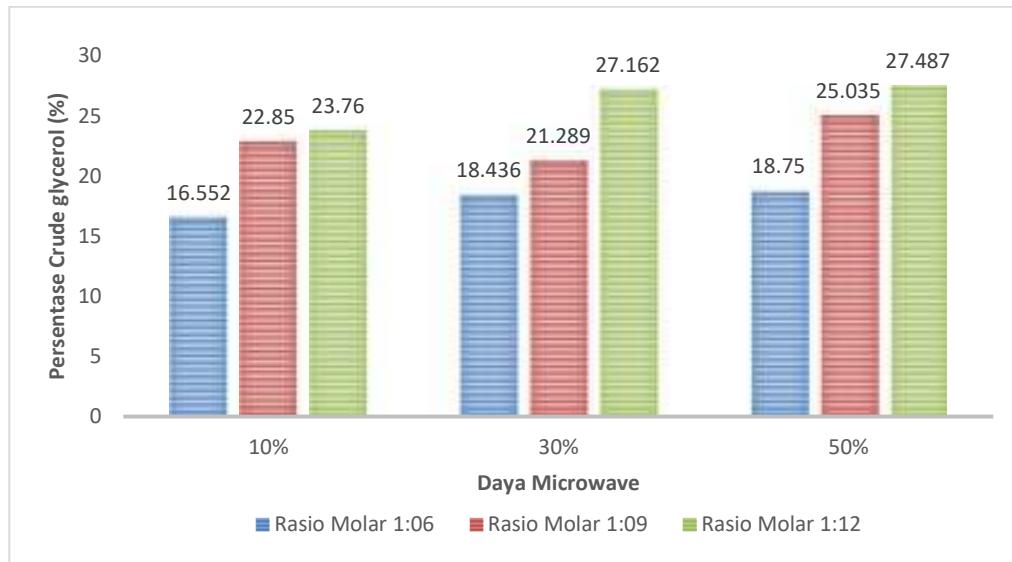
Gambar 4.1 Pengaruh *Daya Microwave* dan *Rasio Molar* Terhadap Persentase *Crude Biodiesel*

Berdasarkan **Gambar 4.1** terlihat bahwa penurunan persentase *crude biodiesel* terjadi seiring bertambahnya rasio molar pada masing masing perlakuan dengan daya *Microwave* yang berbeda. Begitu pula dengan hasil yang diberikan parameter daya *Microwave* terhadap *crude biodiesel* yang mengalami penurunan persentase *crude biodiesel* pada setiap kenaikan daya baik pada rasio 1:6 ; 1:9 ; ataupun 1:12. Namun penurunan ini tidak begitu tinggi jumlahnya. Berdasarkan hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar daya *Microwave* dan rasio molar, maka semakin kecil pula persentase *crude biodiesel* yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Muhammad dkk. (2014) bahwa pada perbandingan daya *Microwave* dan rasio molar yang semakin besar tidak menghasilkan hasil yang optimal.

4.2.2 Persentase *Crude Glycerol*

Berdasarkan **Gambar 4.2**, dapat diketahui bahwa persentase crude glycerol tertinggi didapatkan pada kombinasi perlakuan rasio molar 1:12 yaitu sebesar 27,487% pada rata – rata sebesar 26,136% dari 3 variasi daya *microwave*. Kemudian, hasil terendah didapatkan pada kombinasi perlakuan rasio molar minyak-metanol 1:6 yaitu sebesar 16,552% pada rata – rata sebesar 17,782% dari 3 variasi daya *Microwave*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil persentase *crude biodiesel*, maka semakin besar persentase *crude glycerol*, sebaliknya apabila semakin besar persentase *crude biodiesel* maka semakin kecil persentase *crude glycerol* yang

dihasilkan. Hal ini sudah sesuai dengan pernyataan Akbar (2011), jika gliserol yang dihasilkan sedikit, maka produksi metil ester akan meningkat. Demikian juga, apabila gliserol yang dihasilkan banyak, maka biodiesel yang dihasilkan juga semakin sedikit.



Gambar 4.2 Pengaruh Daya Microwave dan Rasio Molar Terhadap Crude Glycerol

Berbeda dengan hasil pada *crude biodiesel*, berdasarkan hasil grafik Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan terhadap persentase *crude glycerol* dengan adanya perbedaan daya *microwave* dan rasio molar minyak-metanol. Terdapat kesamaan bahwa semakin besar rasio molar minyak-metanol, maka semakin besar *crude glycerol* yang dihasilkan. Begitu pula untuk parameter daya *microwave*, hampir pada semua kenaikan daya mengalami kenaikan persentase *crude glycerol* yang dihasilkan, hanya saja mengalami penurunan pada daya 10% ke daya 30% dari 22,85% menjadi 21,289%. Hal ini tidak sesuai dengan pernyataan Heboh (2013), bahwa pada pembuatan biodiesel atau reaksi transesterifikasi suatu minyak nabati dengan alkohol menghasilkan produk samping berupa *crude glycerol* sebanyak 10-20%. Hal ini dapat disebabkan karena *crude glycerol* yang dipisahkan masih tercampur dengan *crude biodiesel* atau metanol sisa.

4.2.3 Reaktor *Microwave* Tanpa Modifikasi

Pada penelitian ini menggunakan reaktor iradiasi gelombang mikro tanpa modifikasi untuk proses transesterifikasi. Untuk proses pengadukan/*mixing* yang bertujuan agar campuran menjadi homogen dan proses dapat berjalan lebih baik dilakukan proses pengadukan awal sebelum pemanasan dengan *magnetic stirrer*. Reaktor iradiasi gelombang mikro tanpa modifikasi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Reaktor Iradiasi Gelombang Mikro tanpa Modifikasi

Reaktor iradiasi gelombang mikro yang digunakan memiliki daya maksimal 400 watt dengan pengatur waktu maksimal 30 menit. Namun pada penelitian ini daya yang dipakai pada proses *Degumming* yaitu 30% selama 12 menit, sedangkan untuk proses esterifikasi diatur daya 10% selama 75 menit. Untuk proses transesterifikasi masing-masing digunakan daya sebesar 10% selama 10 menit; 30% selama 4 menit; dan 50% selama 2 menit. Besaran daya dan waktu telah disesuaikan dengan pernyataan Reefat (2008), bahwa suhu optimal pada proses transesterifikasi menggunakan katalis KOH yaitu 65°C. Berdasarkan kebutuhan total energi yang diperlukan pada proses pengolahan biodiesel dapat disimpulkan bahwa lebih efektif dalam penggunaan energi dan waktu serta kualitas produk hasil lebih baik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Budiman dkk (2014), bahwa yield dan kualitas produk lebih tinggi dibandingkan

dengan cara konvensional, konsumsi energi untuk pengoperasian 23 kali lebih rendah, waktu reaksinya lebih cepat, dan sistem transfer panasnya lebih efektif.

4.3 Karakteristik Biodiesel Hasil Transesterifikasi

Hasil biodiesel dari proses transesterifikasi diperoleh setelah dilakukan pemisahan antara crude glycerol dan crude biodiesel. Kemudian dilakukan pencucian dengan aquades hangat hingga terbentuk warna jernih serta PH air cucian netral, dan terakhir dikeringkan dengan proses pengeringan. Selanjutnya, dilakukan pengujian karakteristik FAME, viskositas, dan densitas di laboratorium. Sampel biodiesel yang dilakukan pengujian, yaitu semua hasil kombinasi perlakuan dengan perbandingan rasio molar dan variasi daya *Microwave* yang berbeda dengan total 9 hasil sampel. Untuk biodiesel yang telah dilakukan proses pengeringan dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4. Biodiesel Murni

Sampel yang digunakan untuk pengujian yaitu:

- A1B1 (1) (Rasio molar 1:6 dan daya *Microwave* 10%),
- A1B2 (2) (Rasio molar 1:6 dan daya *Microwave* 30%),
- A1B3 (3) (Rasio molar 1:6 dan daya *Microwave* 50%),
- A2B1 (4) (Rasio molar 1:9 dan daya *Microwave* 10%),

- A2B2 (5) (Rasio molar 1:9 dan daya *Microwave* 30%),
- A2B3 (6) (Rasio molar 1:9 dan daya *Microwave* 50%),
- A3B1 (7) (Rasio molar 1:12 dan daya *Microwave* 10%),
- A3B2 (8) (Rasio molar 1:12 dan daya *Microwave* 30%), dan
- A3B3 (9) (Rasio molar 1:12 dan daya *Microwave* 50%).

Untuk hasil perbandingan karakteristik biodiesel pada penelitian ini dengan SNI dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Karakteristik Biodiesel Hasil Penelitian

Sampel	Parameter		
	Viskositas 40°C (cSt) (SNI : 2.3-6.0)	Densitas (kg/cm ³) (SNI : 850-890)	FAME (%) (SNI : 96.5)
A1B1	6.3530	883	40.06
A1B2	5.9847	885	53.66
A1B3	7.4211	886	29.54
A2B1	6.4197	887	40.28
A2B2	6.5982	885	47.88
A2B3	7.1553	886	34.07
A3B1	6.3150	886	21.07
A3B2	6.3767	883	45.79
A3B3	8.1909	884	44.31

4.4 Analisis FAME

Analisis kandungan FAME yang terdapat dalam biodiesel pada semua sampel hasil kombinasi perlakuan dilakukan untuk mengetahui berapa persen kandungan asam lemak yang terkonversi menjadi metil ester dengan hasil terbaik dari berbagai kombinasi perlakuan antara perbandingan daya *microwave* dan rasio molar minyak-metanol. Analisis FAME ini dilakukan dengan menggunakan alat *gas chromatography*.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan FAME terbesar diperoleh pada sampel A1B2, yaitu sebesar 53,66%. Kemudian FAME terkecil diperoleh pada sampel A3B1 dengan kandungan FAME sebesar 21,07%. Berdasarkan parameter SNI menyatakan bahwa biodiesel memiliki kandungan FAME 96,5%, maka dapat disimpulkan bahwa semua hasil sampel yang diuji belum memenuhi standar FAME yang diberikan SNI. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi rendahnya konversi yang dihasilkan, diantaranya faktor pengadukan. Karena pada

penelitian ini tidak menggunakan pengadukan pada proses reaksi, tetapi hanya dilakukan pengadukan awal saja. Pengadukan pada proses reaksi akan menambah frekuensi tumbukan antara molekul zat pereaksi dengan zat yang beraksi, sehingga mempercepat reaksi. Semakin besar tumbukan maka semakin besar pula nilai konstanta kecepatan reaksi (k). Dalam hal ini pengadukan sangat penting mengingat larutan minyak, katalis dan metanol merupakan larutan yang *immiscible* (Soerawidjaja, 2005).

Selanjutnya, apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Muhammad dkk. (2014) dengan rasio molar 1:9, FAME yang dihasilkan dapat mencapai 97% dengan adanya pengadukan selama proses reaksi dengan daya sebesar 264 watt selama 60 menit. Sementara dalam penelitian ini nilai FAME pada rasio molar 1:6 dengan daya 30%, yaitu 53,66% dalam waktu 4 menit. Perbedaan nilai FAME dan lamanya waktu untuk konversi pada penelitian ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya volume minyak, daya *Microwave*, dan pengadukan. Dalam penelitian ini volume minyak yang digunakan sebanyak 65 ml, sedangkan pada penelitian Muhammad dkk volume minyak yang digunakan 650 ml. Hal ini menyebabkan pemanasan berlangsung lebih lama. Walaupun daya maksimal *Microwave* yang digunakan pada penelitian Muhammad dkk. dan penelitian ini memiliki daya maksimal yang sama (400 watt), akan tetapi kecepatan pemanasan tergantung pada banyaknya volume minyak. Selain itu, pada penelitian Muhammad dkk. menggunakan *Microwave* yang telah dimodifikasi dengan ditambahkan pengaduk magnetis dan kondensor, sedangkan dalam penelitian ini hanya menggunakan *Microwave* skala rumah tangga tanpa modifikasi.

4.5 Viskositas

Viskositas biodiesel memiliki peranan penting dalam proses penginjeksian bahan bakar. Menurut Christina dkk. (2013) viskositas yang terlalu rendah dapat mengakibatkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar. Sebaliknya, viskositas yang terlalu tinggi akan mengakibatkan bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang besar dan memiliki momentum yang tinggi dan bertumbukan dengan dinding silinder, sehingga pompa penginjeksian tidak dapat melakukan pengkabutan dengan baik.

Hasil analisis viskositas terendah didapatkan pada hasil sampel A1B2 (Rasio molar 1:6 dan daya *Microwave* 30%) yang diujikan yaitu sebesar 5,985% yang menjadi satu – satunya

sampel yang sesuai dengan standar SNI yaitu sekitar 2,3 – 6,0. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa biodiesel dari minyak nyamplung pada penelitian yang dilakukan telah memenuhi syarat. Sedangkan sampel lainnya belum memenuhi syarat SNI karena nilainya masih di atas 6,0.

4.6 Densitas

Densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel. Densitas yang rendah akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi dan begitu pula sebaliknya (Christina dkk., 2013). Densitas atau massa jenis merupakan salah satu parameter yang menunjukkan keberhasilan reaksi transesterifikasi. Terpenuhi parameter densitas, menunjukkan bahwa proses pemurnian biodiesel berhasil. Tidak murninya biodiesel diakibatkan masih terkandungnya pengotor dapat mengakibatkan nilai densitas menjadi tinggi (Prihanto, 2013). Berdasarkan hasil analisis densitas, dapat dilihat bahwa nilai densitas pada semua sampel yang diujikan cenderung sama dan masih dibawah batas maksimal SNI, yaitu 890 kg/cm^3 . Semua sampel uji sudah memenuhi syarat densitas dari standar yang berlaku. Hal ini juga berarti bahwa proses pemurnian biodiesel yang telah dilakukan dapat dikatakan berhasil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Hasil persentase biodiesel terbesar diperoleh perlakuan rasio molar 1:6, sedangkan untuk pengaturan daya *microwave* sebesar 10% dengan waktu pemanasan selama 10 menit diperoleh persentase biodiesel sebesar 83,448%.
2. Karakteristik kualitas biodiesel yang dihasilkan dari bahan baku minyak nyamplung menggunakan katalis KOH, yaitu:
 - Hasil kandungan FAME tertinggi diperoleh kandungan sebesar 53,66% pada sampel A1B2 (Rasio molar 1:6 dan daya *Microwave* 30%).
 - Hasil analisis viskositas yang memenuhi syarat SNI yaitu pada sampel yang sama A1B2 dengan viskositas sebesar 5,9847 cSt.
 - Hasil analisis densitas sekitar 850-890 kg/cm³ pada semua sampel yang diujikan dan telah memenuhi syarat SNI.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan pengadukan pada proses transesterifikasi pada *Microwave* skala rumah tangga terhadap hasil biodiesel yang didapat. Selain itu perlu dilakukan pengujian karakteristik titik nyala, titik tuang, dan bilangan setana.

DAFTAR PUSTAKA

- Annamalai, K., and Puri, I. K. 2006. **Combustion Science and Engineering**. CRC Press. pp. 851.
- Abbas, Muhibbuddin., Endang Purwanti. 2011. **Kalor Biodiesel Dari Hasil Esterifikasi Dengan Katalis PdCl₂ Dan Transesterifikasi Dengan Katalis KOH Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*)**. *Skripsi*. Jurusan Kimia. FMIPA. ITS. Surabaya.
- Archita, R., Attaso dan Rangga. 2013. **Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Dengan Katalis CaO Disinari Dengan Gelombang Mikro**. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Azam MM, Waris A, Nahar NM. 2005. **Prospects and Potential of Fatty Acid Methyl Esters of Some Non-traditional Seed Oils for Use as Biodiesel in India**. *Biomass & Bioenergy*. pp:293–302.
- Balitbang Kehutanan. 2008. **Nyamplung Sumber Energi Biofuel yang Potensial**. Seminar Nasional 23 September 2008. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman, Departemen Kehutanan. Bogor.
- Carlina, Desy Dewi. 2015. **Produksi Biodiesel Dari Minyak Jarak (*Ricinus Communis*) Dengan Microwave**. *Skripsi*. Teknik Kimia, Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Christina, Natalia., Edwin S., Herman H., dan Yohannes K. 2013. **Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung Dengan Menggunakan Katalis Berbasis Kalsium**. Universitas Katolik Widya Mandala. Surabaya.
- De Garmo, E.P, Sullivan, WG and Canada, JR. 1979. **Engineering Economy**. Seventh Edition. New York.
- Departemen Kehutanan. 2008. **Rencana Aksi Pengembangan Energi Alternatif Berbasis Tanaman Nyamplung 2010-2014**.
- Diana., Syamsir D., dan Bannu. 2015. **Pembuatan Dan Pengujian Biodiesel Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*.L) Dengan Variasi Jenis Katalis Menggunakan GC-MS**. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Fathiyah, S. 2010. **Kajian Proses Pemurnian Minyak Nyamplung Sebagai Bahan Bakar Nabati**. *Skripsi*. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fatih,Ridho., Safetyllah Jatranti., Lailatul Qadariyah., dan Mahfud. 2014. **Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro**. *Jurnal Teknik Pomits Vol 3 N0.2*. Surabaya.
- Hambali, E., Suryani A., Dadang, Hariyadi, H. Hanafie., I.K Reksowadojo, M. Rivai, M. Ihasnur, P. Suryadarma, S. Tjitrosoemito, T.H Soerawidjaja, T. Prawitasari, T. Prakoso, dan W. Purnama. 2007. **Jarak Pagar: Tanaman Penghasil Biodiesel**. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Handayani, S.P. 2010. **Pembuatan Biodiesel dari Minyak Ikan dengan Radiasi Gelombang Mikro**. *Skripsi*. Jurusan FMIPA. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Heyne, K. 1987. **Tumbuhan Berguna Indonesia**. Terjemahan Balai Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Departemen Kehutanan. Jakarta.

- Joker, D. 2004. **Calophyllum inophyllum L. Seed Leaflet No 87 Agustus 2004**. Forest & Landscape Denmark. Denmark.
- Keenan, C.W., D.C Kleinfelter, dan J.H Wood. 1986. **Ilmu Kimia Untuk Universitas Edisi Ke Enam, Jilid I**. Erlangga. Jakarta
- Khamidah, Noor. 2010. **Produksi Biodiesel Dari Minyak Nyamplung (Calophyllum inophyllum L.) Menggunakan Bio-Katalis CRL (Lipase Candida rugosa)**. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Kilham, C. 2003. **Oil of Tamanu (Calophyllum inophyllum L.)**. Forest & Landscape Denmark. Denmark.
- Laksono, T. 2013. **Pengaruh Jenis Katalis Naoh dan KOH Serta Rasio Lemak Dengan Metanol Terhadap Kualitas Biodiesel**. Skripsi. Program Studi. Teknologi Hasil Ternak Jurusan Produksi Ternak Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Li Wu, Huacheng Zhu, Kama Huang . 2013. **Thermal analysis on the process of microwave-assisted biodiesel production**. Bioresource Technology. 133, 279-284.
- Ma F, MA Hanna. 1999. **Biodiesel production: a review**. Bioresource Technol. 70: 1–15.
- Mardiah, A. Widodo, Efi T, dan . Puriyatmiko. 2006. **Pengaruh Asam Lemak Dan Konsentrasi Katalis Asam Terhadap Karakteristik Dan Konversi Biodiesel Pada Transesterifikasi Minyak Mentah Dedak Padi**. Jurusan Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Pranjali D. Muley, Dorin Boldor. 2013. **Investigation of microwave dielectric properties of biodiesel components**. Bioresource Technology. 127, 165-174.
- Wijaya, Karna. 2014. **Biofuel Di Indonesia : Prospek, Perspektif Dan Strategi Pengembangannya**. Pusat Studi Energi Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Wood, K. F. 1986. **Ilmu Kimia Untuk Universitas Jilid 2**. Erlangga. Jakarta.

LAMPIRAN – LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Perhitungan Kebutuhan Bahan pada Proses Esterifikasi Dan Transesterifikasi

1. Variabel Konsentrasi Katalis

Diketahui : Massa Minyak Nyamplung = 91,2 gram
 : BM Minyak Nyamplung = 704,2 g/mol
 : BM Metanol = 32,2 g/mol
 : ρ Metanol = 0,8 g/ml
 : Perbandingan mol minyak : metanol = 1 : 23
 Ditanya : Kebutuhan Volume metanol ??

Jawab :

$$\text{Mol} = \frac{\text{Massa}}{\text{BM Nyamplung}} = \frac{91,2 \text{ g}}{704,2 \text{ g/mol}} = 0,13 \text{ mol}$$

Rasio mol minyak nyamplung : metanol = 1 : 23

$$\text{Mol metanol} = 0,13 \times 23 = 2,99 \text{ mol}$$

$$\text{Massa Metanol} = \text{mol} \times \text{BM metanol} = 2,99 \times 32,2 = 96,28$$

$$\text{Volume metanol} = \frac{\text{Massa}}{\rho \text{ metanol}} = \frac{96,28}{0,8} = 120,35 \text{ ml}$$

Konsentrasi Katalis 1 % b/b dari minyak nyamplung =

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{1}{100} \times 91,2 \text{ gram} = 0,912 \text{ gram}$$

LAMPIRAN 2

Data Hasil Proses *Degumming*

Nama Sampel	FFA (%)	Perlakuan awal (Pengadukan) (Menit)	Perlakuan						FFA akhir (%)
			V Minyak awal (ml)	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Katalis H ₃ PO ₄ (v/v)	Daya Microwave (watt)	V minyak akhir (ml)	
X	19,82	15	400	80	12	5%	120	258	10,21
Y	19,82	15	400	83	12	5%	120	279	14,58
Z	19,82	15	400	81	12	5%	120	267	15,21

Data Hasil Proses Esterifikasi 1

Nama Sampel	FFA (%)	Perlakuan awal (Pengadukan) (Menit)	Perlakuan							FFA akhir (%)
			V Minyak awal (ml)	Katalis H ₂ SO ₄ (b/b)	Rasio Metanol	Waktu (menit)	Daya Microwave (watt)	Suhu (°C)	Minyak akhir (ml)	
X	10,21	5	258	2%	1:20	75	40	48-63	256	2,468
Y	14,58	5	279	2%	1:20	75	40	51-65	271	4,753
Z	15,21	5	267	2%	1:20	75	40	53-63	263	4,632

Data Hasil Proses Esterifikasi 2

Nama Sampel	FFA (%)	Perlakuan awal (Pengadukan) (Menit)	Perlakuan							FFA akhir (%)
			V Minyak awal (ml)	Katalis H ₂ SO ₄ (b/b)	Rasio Metanol	Waktu (menit)	Daya Microwave (watt)	Suhu (°C)	Minyak akhir (ml)	
X	2,468	5	256	2%	1:20	75	40	48-63	207	1,267
Y	4,753	5	271	2%	1:20	75	40	51-64	215	1,567
Z	4,632	5	263	2%	1:20	75	40	53-63	212	1,453

Data Hasil Proses Transesterifikasi

Nama sampel	FFA Awal (%)	Perlakuan awal (Pengadukan) (Menit)	Perlakuan								FFA akhir (%)
			V Minyak awal (ml)	Katalis (KOH) (%)	Rasio Metanol	Waktu (menit)	Daya Microwave (watt)	Suhu akhir (°C)	M biodiesel (gr)	M gliserol (gr)	
A1B1	1,267	5	70	1	1 : 6	10	40	63	60,5	12	0,53
A1B2	1,267	5	70	1	1 : 6	4	120	69	58,4	13,2	0,32
A1B3	1,267	5	60	1	1 : 6	2	200	71	49,4	11,4	0,42
A2B1	1,567	5	65	1	1 : 9	10	40	63	56,8	17	0,56
A2B2	1,567	5	65	1	1 : 9	4	120	65	56,2	15,2	0,43
A2B3	1,567	5	65	1	1 : 9	2	200	69	58,4	18,1	0,44
A3B1	1,453	5	70	1	1 : 12	10	40	62	53,9	18,2	0,37
A3B2	1,453	5	70	1	1 : 12	4	120	67	54,1	20,1	0,42
A3B3	1,453	5	70	1	1 : 12	2	200	70	55,4	21	0,34

LAMPIRAN 3

Data Hasil Penelitian

Ulangan	Daya Microwave (watt)	Rasio molar minyak-metanol	Waktu Reaksi (menit)	Suhu Akhir (°C)	Massa hasil reaksi (gr)	Massa lapisan gliserol (gr)	Persentase Lapisan gliserol (%)	Massa Lapisan Biodiesel (gr)	Persentase Lapisan Biodiesel (%)
1	40	1:6	10	63	72,5	12	16,552	60,5	83,448
2				62	72	11,7	16,250	60,3	83,750
1	120		4	69	71,6	13,2	18,436	58,4	81,564
2				67	70,8	12,9	18,221	57,9	81,779
1	200		2	71	60,8	11,4	18,75	49,4	81,25
2				72	61,5	11,7	19,024	49,8	80,976
1	40	1:9	10	63	74,4	17	22,85	57,4	77,150
2				64	73,2	16,4	22,404	56,8	77,596
1	120		4	65	71,4	15,2	21,289	56,2	78,711
2				68	72,3	14,6	20,768	55,7	79,232
1	200		2	69	72,3	18,1	25,035	54,2	74,965
2				70	71,7	17,8	24,826	53,9	75,174
1	40	1:12	10	62	76,6	18,2	23,760	58,4	76,240
2				64	71,7	18	25,035	53,9	74,965
1	120		4	67	74	20,1	27,162	53,9	72,838
2				67	73,4	19,8	26,975	53,6	72,024
1	200		2	70	76,4	21	27,487	55,4	72,513
2				72	75,8	20,8	27,441	55	72,559

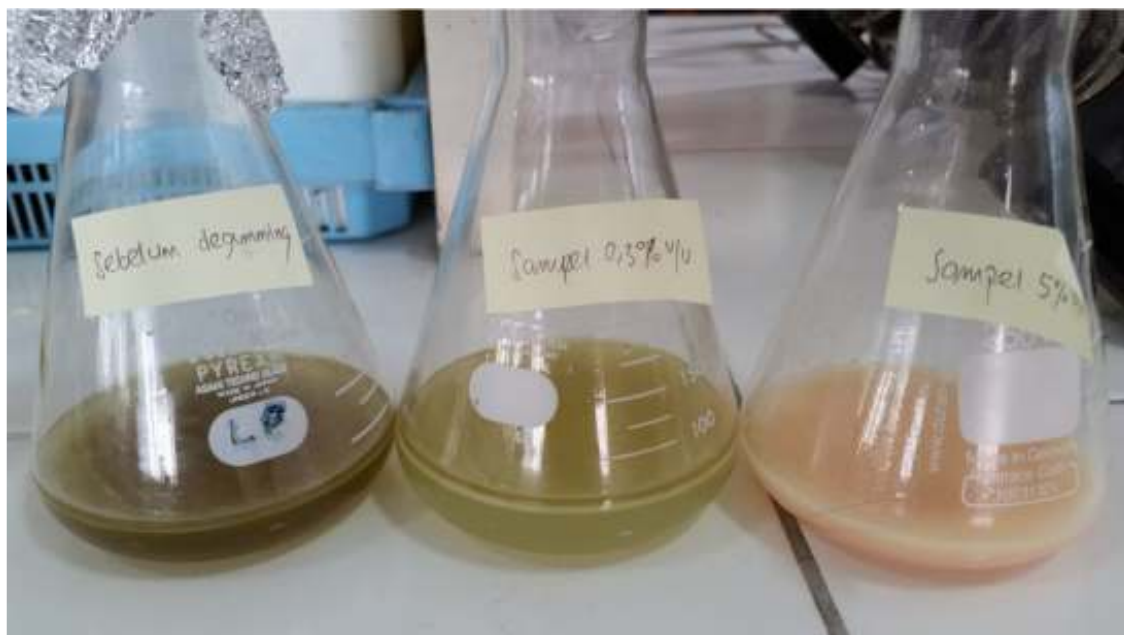
LAMPIRAN 4
FOTO HASIL PENGOLAHAN BIODIESEL



Crude Oil Nyamplung



Minyak Nyamplung Hasil Esterifikasi



Pengujian FFA



Pemisahan Minyak dan Metanol



Proses Transesterifikasi dengan Microwave



Biodiesel Hasil Transesterifikasi

LAMPIRAN 5

ARTIKEL ILMIAH

Optimizing Production of Biodiesel from Nyamplung Oil with Microwave Power Setting

Sri Kurniati¹, Nursalim², Wellem F. Galla³, Sudirman Syam^{4*}

¹Electrical Engineering Department, Faculty of Science and Technology, University of Nusa Cendana, Kupang, Indonesia, 85111; sri_kurniati@staf.undana.ac.id

²Electrical Engineering Department, Faculty of Science and Technology, University of Nusa Cendana, Kupang, Indonesia, 85111; nursalim@staf.undana.ac.id

³Electrical Engineering Department, Faculty of Science and Technology, University of Nusa Cendana, Kupang, Indonesia, 85111; wfridzg@yahoo.co.id

⁴Electrical Engineering Department, Faculty of Science and Technology, University of Nusa Cendana, Kupang, Indonesia, 85111; sudirman_s@staf.undana.ac.id

*Correspondence; sudirman_s@staf.undana.ac.id.

Abstract. This experimental study examined the processing of biodiesel from Nyamplung oil by microwave power regulation. The aim is to optimize biodiesel yields based on the time process and heating temperature of 65°C. A suitable method for analyzing biodiesel results is to set the 400 Watts microwave power to 10%, 30%, and 50% of the maximum power. In this process a 1% w/w KOH catalyst is used with a variety of molar ratios of oil-methanol such as 1:6, 1:9, and 1:12. The results showed that the 1:6 molar ratio is the highest percentage of biodiesel obtained with a variation of power of 10% or equal to 40W. The fastest time in this process is 10 minutes. In contrast, the 1:12 molar ratio is the lowest percentage of biodiversity obtained. The higher the temperature and the molar ratio used the fewer biodiesel products are obtained.

Keywords: Biofuel, Transesterification, Catalyst, Temperature

1. Introduction

Nyamplung or *Calophyllum inophyllum* L. is one of the plants that have the potential to be a better source of biofuel compared to *jatropha*. Methyl ester fatty acids from Nyamplung seed oil meet all requirements for major biodiesel in the United States standards (ASTM D 6751-06) and European Union standards (EN 14214) [1]. Dried seeds of *Calophyllum inophyllum* have free fatty acids (FFA) of 17.77% [2]. The advantage of Nyamplung as a biofuel is that the seeds have a higher yield of 40-70%, compared to other types of plants, such as *jatropha* is 40-60%, and oil palm is 46-54%. In addition, users do not compete with food interests [3]. As with other biofuel plants, Nyamplung seeds also require heating treatment in their processing starting with degumming, esterification, and transesterification.

The first time a conventional biodiesel treatment process used conventional high-power heaters or heating elements and mechanical stirring. In this method, electric heaters are used for heating and electric motors for the mixing of reactants. Conventional heating depends on the

convection current and thermal conductivity of the reaction mixture. In general, the reaction temperature is used below the temperature of the boiling point of methanol. Biodiesel yield from 80 to 100% can be obtained depending on the raw material, the amount and type of alcohol, the catalyst quantity, reaction temperature, and reaction time. Conventional biodiesel processing with a batch system is very slow where the reaction time exceeds one hour and the separation stage is more than 5 hours [4-6], and they use more energy [7].

Along with the development of advanced technology, the use of microwave radiation has been widely used by previous researchers as a substitute for conventional methods [8-10]. Microwave heating has the advantage of being more evenly heated because it does not transfer heat from the outside but generates heat from inside the material. The heating can also be selective, meaning that it depends on the dielectric properties of the material. This will save energy for heating. In addition, these waves can propagate through liquids where the heating process takes place more effectively and the biodiesel processing stage becomes shorter [11].

Based on some literature that has been studied that the irradiation of the microwave can be used as a heat source in the transesterification process only a few minutes. The characteristics of microwave dielectric depend on the temperature, frequency, and catalyst [12]. According to [4, 5] explain that there are several variables that affect the quality of biodiesel, such as reaction temperature, reaction time, catalyst, molar ratio, reactant purity, and free fatty acid content. However, although, the temperature of the microwave heating takes place very quickly, it requires setting the time to maintain a constant temperature. The longer the time, the higher the temperature in the microwave. Here, it is not needed in the transesterification process. The purpose of this paper is to optimize the production of biodiesel from Nyamplung oil by controlling microwave power. For comparison, microwave power is regulated by variations of 10%, 30%, and 50%.

2. Materials and Methods

Figure 1 shows the Nyamplung oil obtained from Kebumen, Central Java [13]. The characteristics of Nyamplung oil before and after degumming are shown in Table 1.



Figure 1. Nyamplung oil (Crude oil)

Table 1. Characteristics of Nyamplung Oil

3. Characteristics	Before Degumming (Crude oil)	After degumming (Refined oil)
Free fatty acid content	19.82 %	15.21 %
Color	Dark green and thick	Reddish yellow and thick

In this study, a Sharp brand Microwave oven is used in the processing of biodiesel. Table 2 shows the equipment specifications with heat control ranging from 10%, 30%, 50%, 70%, to 100%, respectively.

Table 2. Specifications of microwave oven

No.	Name	Specification
1.	Model	R-222Y(w)
2.	Voltage input	220 Volts
3.	Power	400 Watts
4.	Current Output	3.6 Amps
5.	Frequency	02450 MHz

3. Results and Discussion

3.1 Testing the characteristics of Microwave Temperature

In this test, the measurement of the microwave temperature is carried out by setting the power from 10%, 30%, 50%, 70%, to 100%. This value shows the use of microwave energy from 40 W, 120 W, 200 W to a maximum power of 100 W. Figure 2 shows the measurement of the microwave temperature and it appears that the setting of 10% reaches a temperature of up to 40°C with a time of 50 min, while the shortest time reaches 6 min at 95°C with maximum power (100%).



Figure 2. Temperature characteristics of microwave oven

3.2 Transesterification Process

The transesterification process is the main stage of this study. Table 3 shows the main components of oil that are converted to methyl esters and glycerol. In this process, a 1% w/w KOH catalyst is used with three variations of the oil-methanol molar ratio of 1: 6, 1: 9, and 1:12 respectively. There are only 3 variations of microwave power used starting at 10% (10 min), 30% (4 min), and 50% (2 min) of maximum power. The time and power settings are carried out to get the average reaction temperature reaching 65°C. According to [14], that the optimal temperature in the transesterification process with a KOH catalyst is 65°C.

Table 3. Transesterification from Nyamplung Oil

No.	Molar ratio	Sample	Microwave power (%)	Final Temperature (°C)	Methyl Ester (%)	Glycerol Crude (%)
1.	1:6	X1	10	63	83.45	16.55
		X2	30	69	81.56	18.44
		X3	50	71	81.25	18.75
2.	1:9	Y1	10	63	77.15	22.85
		Y2	30	65	78.71	21.29
		Y3	50	67	74.97	25.04
3.	1:12	Z1	10	62	76.24	23.76
		Z2	30	67	72.84	27.16
		Z3	50	70	72.51	27.49

Based on this table, it can be seen that the largest percentage of biodiesel is obtained at a molar ratio of 1:6. In the 10% power setting with a heating time of 10 min, the biodiesel yield was 83.45%. The Arrhenius equation states that temperature is a factor that affects the constant value of the reaction speed (k). That is, the temperature increases, the reaction speed will increase as well. However, these results differ from the Arrhenius equation because at temperatures above the optimum temperature a little biodiesel is obtained. The decrease in the percentage of biodiesel above the optimum temperature is due to the possibility of evaporation of methanol due to heating exceeds the boiling point temperature. This effect causes contact between reactants is not optimal and imperfect [15].

3.3 Effects of Microwave Power and Molar Ratio

The molar ratio is the mole ratio between oil and methanol in the transesterification process. The molar ratio is one of the important factors that can affect biodiesel production. Stoichiometrically, the reaction of 1 mole of triglycerides requires 3 moles of alcohol. According to [16], the use of excessive amounts of alcohol can increase the production of alkyl esters, however, the separation of biodiesel and glycerol is difficult. Conversely, a little alcohol will produce a little alkyl ester. Therefore a mole comparison between alcohol and triglycerides requires a careful calculation so that the reaction results

can be maximized. In addition, the reaction temperature produced by microwave heating depends on power characteristics and operating time. That is, apart from the molar ratio of the reaction temperature produced in the transesterification process depends on the Microwave power regulation which greatly influences the biodiesel yield. In [17], there are several factors that can reduce biodiesel yields such as base catalysts and high temperatures.

3.3.1 Nyamplung oil methyl ester

The final product is Nyamplung oil methyl ester after the crude glycerol is separated. Figure 3 shows the percentage of Nyamplung oil methyl ester yield for various power settings and molar ratios. Based on these graphs, it can be seen that the highest percentage obtained at 1:6 molar ratio of 83.45%, while the lowest percentage at the 1:12 molar ratio of 72.513%.

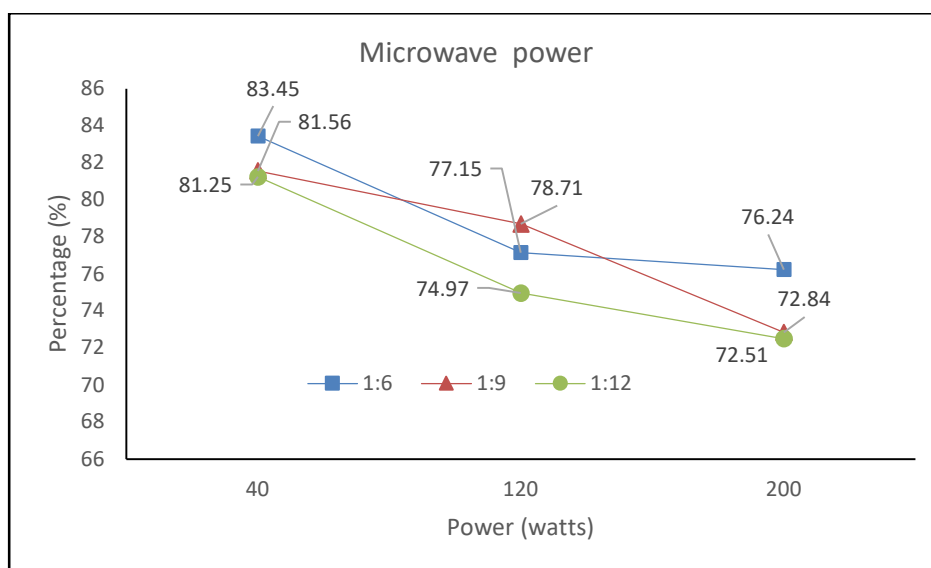


Figure 3. Effect of microwave power and molar ratio vs methyl ester

Based on Figure 3, it can be seen that the decrease in the percentage of Nyamplung oil methyl ester yield occurs with increasing molar ratio in each Microwave power setting. Conversely, the greater the microwave power and the molar ratio the smaller the percentage of methyl ester produced. Figure 4 shows the Nyamplung biodiesel production for 3 variations of microwave power with a molar ratio of 1:6.



Figure 4. Nyamplung oil methyl ester with microwave power regulation for 1:6 molar ratio

3.3.2 Crude Glycerol

Glycerol or glycerin is a by-product of the transesterification process. Figure 5 shows the graph of crude glycerol after being separated from methyl ester. It is seen that the highest crude glycerol obtained by a 1:12 molar ratio of 27.48% based on 3 variations of microwave power. On the contrary, the lowest crude glycerol was obtained at a molar ratio of 1:6 of 16.55%. That is, the smaller the percentage of methyl ester caused by a lot of glycerol, and vice versa, the greater the percentage of methyl ester showing less glycerol. It can be stated, a little crude glycerol is inversely proportional to the methyl ester produced.

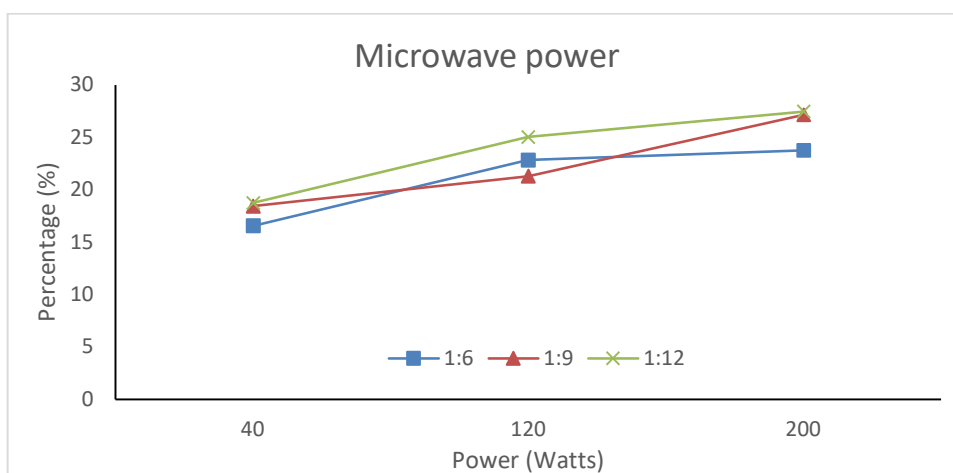


Figure 5. Effect of microwave power and molar ratio VS crude glycerol

In contrast to methyl ester, based on Figure 5 it appears that an increase in the percentage of crude glycerol is proportional to the setting of a large microwave power and a high molar ratio. The greater the molar ratio, the greater the crude glycerol produced. Likewise, microwave power regulation, except for 10% power decreased from 22.85% to 21.29%, all of them almost experienced an increase in the percentage of crude glycerol.

3.3 Discussion

Optimal conditions are obtained from the processing of Nyamplung biodiesel oil using microwave-assisted techniques with power regulation. To verify the benefits of microwave irradiation, this technique is applied to oils of 1: 6, 1: 9, and 1:12 molar ratios. The microwave oven is equipped with power regulators ranging from 10%, 30%, 50%, 75%, and 100% which allow temperature regulation and microwave power. Microwave output power varies up to 400 watts, controlled via the regulator button. The temperature is set to 65°C, so the reaction time is different from each power setting.

The base-catalysed transesterification results of Nyamplung oil was investigated by changing the catalyst (KOH) to oil ratios (% w/w) and alcohol to oil ratio (% w/w). The highest version was obtained with a catalyst ratio of 1% KOH to oil is the molar ratio of methanol to the oil of 1: 6 for 50 min, and under these conditions, the Nyamplung oil methyl ester yield was 83.45%. Figures 3 show methyl ester percentage with variations in microwave power at different alcohol/oil molar ratios. The higher the microwave power the faster the transesterification process, however, it produces less methyl ester and vice versa it produces large crude glycerol. Figure 5 shows the results of processing biodiesel by setting the microwave power. It can be seen that the 50% power setting is the largest producer of crude oil, while the 10% power setting produces less crude oil.

One of the most important variables affecting the yield is the molar ratio of alcohol to triglycerides. In this study, a 1:6 molar ratios have given a yield of over 80%. Biodiesel processing in industry, 1:6 molar ratios (oil/alcohol) is usually used to obtain a more optimal yield of methyl ester [5, 18]. In many studies, biodiesel with the best properties is obtained by using potassium hydroxide as a catalyst [19-22]. Analysis with a 1% by weight KOH catalyst resulted in a conversion that succeeded in providing the best results and ester viscosity in most of the literature reviewed. It also showed better results in this study, but the results were obtained using microwave-assisted techniques with microwave power and time regulation.

Applying the microwave technique as explained earlier in the methodology section shows that the application of microwave energy increases the reaction rate for the conversion of crude oil to biodiesel, and encourages the reaction balance towards biodiesel production. The highest biodiesel yield (83.45%) was obtained by applying microwave irradiation for ten minutes at 10% power settings compared to 30% and 50% power. As shown, however, this result is achieved with a 1: 6 molar ratios compared to other molar ratios. It is also proven that large power usage and exceeding the optimal reaction time will cause a decrease in biodiesel yield. Like, setting 30% power is obtained by methyl

esters of 77.15, while at a setting of 50% power with methyl esters of 76.24%. Apart from the reaction, alcohol, and oil molar ratio, catalyst, reaction time, water-content, FFA, and stirring intensity, one of the important variables that affect biodiesel yield from the transesterification process is the reaction temperature [23-25]. The reaction rate is largely determined by the reaction temperature, therefore, according to [18], this reaction usually has to be carried out close to the boiling point of alcohol at atmospheric pressure.

4. Conclusions

1. Microwave power regulation affects the time and temperature of the transesterification process which affects Nyamplung oil methyl ester.
2. The greater the molar ratio, the higher the percentage of crude glycerol produced and inversely proportional to the yield of the methyl ester. The 1:6 molar ratio is the best composition compared to 1:9, and 1:12 in the processing of biodiesel Nyamplung oil.
3. The higher the microwave power the faster the time of the transesterification process, however, it will produce less methyl ester and produce high crude glycerol.

5. Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the support of DIPA of the Faculty of Science and Engineering funds, University of Nusa Cendana-Kupang, 2020.

References

- [1] Azam, M. M., Waris, A., and Nahar N. M. 2005. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. *Biomass & Bioenergy*. pp:293–302.
- [2] Kurniati, S., Soeparman, S., Yuwono, S.S., Hakim, L., and Syam, S. 2018. A novel process production of calophyllum inophyllum biodiesel with electromagnetic induction. *Energies*. pp.1-17.
- [3] Joker, D. 2004. *Calophyllum inophyllum L. Seed Leaflet No 87 August 2004. Forest & Landscape Denmark*. Denmark.
- [4] Demirbas, A. 2009. Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy Conversion and Management*. pp:14–34.
- [5] Meher, L.C., Sagar, V.D., and Naik, S.N. 2006. Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review. *J Renew Sustain Energy Rev*. 10: 248–268.
- [6] Atadashi, I. M., Aroua, M.K., Aziz, A.A.R., and Sulaiman, N.M.N. 2012. Production of biodiesel using high free fatty acid feedstocks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), pp. 3275–3285.
- [7] Lertsathapornasuk V., Ruangying, P., Pairintra, R. and Krisnangkura, K. 2005. Continuous transesterification of vegetable oils by microwave irradiation. *The meeting of the Energy Authority of Thailand, 1st 11-13 May 2005*. Thailand.
- [8] Saifuddin, N., and Chua, K. H. 2004. Production of ethyl ester (biodiesel) from used frying oil: Optimization of transesterification process using microwave irradiation. *Malaysian Journal of Chemistry*.
- [9] Putra, R. P., Wibawa, G. A., Pantjawarni, P., and Mahfud. 2012. Making Biodiesel in a batch by utilizing microwave (In Indonesia). *Jurnal Teknik ITS*, vol. 1, No. 1. pp. F. 34.

- [10] Haryanto, A., Silviana, U., Triyono, S., and Prabawa, S. 2015. Biodiesel production from transesterification of used cooking oil using Microwave: The effect of power intensity and reaction time on yield and characteristics of biodiesel (In Indonesia). *Agritech*, vol. 35, No. 2.
- [11] Barnard, T.M., Leadbeater, N.E., Boucher, M.B., Stencel, L.M., and Wilhite, B.A. 2007. Continuous flow preparation of biodiesel using microwave heating. *Energy and Fuel*.
- [12] Muley, P.D., and Boldor, D. 2013. Investigation of microwave dielectric properties of biodiesel components. *Bioresource Technology*, 127. pp. 165-174.
- [13] Kurniati, S., Soeparman, S., Yuwono, S.S., Hakim, L., and Syam, S. 2018. Characteristics and potential of nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) seed oil from Kebumen, Central Java, as a biodiesel feedstock. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*. pp. 148-152.
- [14] Reefat, A.A., et al. 2008. Production optimization and quality assessment of biodiesel from waste vegetable oil. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* Vol 5(1): 75-82.
- [15] Christina, N., Sungad, E., Hindarso, H., and Kurniawan, Y. 2013. Making biodiesel from nyamplung oil by using a calcium-based catalyst (In Indonesia). *Jurnal Widya Teknik*. University of Katolik Widya Mandala, Surabaya.
- [16] Situmorang, M.H.R., Hamidi, N., and Wijayanti, W. 2015. Effect of comparison of mol methanol and microwave power on transesterification of biodiesel randu seed oil (*Ceiba Pentandra*) (In Indonesia). Thesis. Brawijaya University. Malang.
- [17] Muhammad, F. R., Jatranti, S., and Qadaryah, L. 2014. Making biodiesel from nyamplung oil using microwave (In Indonesia). *Jurnal Teknik POMITS*. Vol 3(2).
- [18] Srivastava A., and Prasad, R. 2000. Triglycerides-based diesel fuel. *Renew Sustainable Energy Rev.* 4: 111–133.
- [19] Ugheoke, B.I., Patrick, D.O., Kefas, H.M., and Onche, E. O. 2007. Determination of optimal catalyst concentration for maximum biodiesel yield from tiger nut (*Cyperus esculentus*) oil. *Leonardo J Sci (LJS)*, 6 (10). pp. 131–136.
- [20] Vicente, G., Martinez, M., and Aracil J. 2005. Optimization of brassica carinata oil methanolysis for biodiesel production. *Journal of the American Chemists Society (JAOCS)*, 82 (12), pp. 899–904.
- [21] Karmee, S.K., and Chadha A. 2005. Preparation of biodiesel from crude oil of pongamiaa pinnata. *Bioresour Technol*, 96 (13), pp. 1425–1429.
- [22] Dorado, M.P., Ballesteros, E., López, F.J. and Mittelbach, M. 2004. Optimization of alkali-catalyzed transesterification of Brassica carinata oil for biodiesel production. *Energy Fuels*, 18 (1). pp. 77–83.
- [23] Ma, F., and Hanna, M. A. 1999. Biodiesel production: A review. *Bioresource Technol.* 70: 1–15.
- [24] Caili, G., and Kusefoglul, S. 2008. Increased yields in biodiesel production from used cooking oils by two step process: Comparison with one step process by using TGA. *Fuel Process Technol.* 89: 118–122.
- [25] Akgun, N., and Iscan, E. 2008. Effects of process variables for biodiesel production by transesterification. *Eur J. Lipid Sci Technol.* 109, pp. 486–492.

LAMPIRAN 6
SERTIFIKAT SEMINAR INTERNASIONAL ICOMERA



LAMPIRAN 7

BIODATA PENELITI

I. Biodata Ketua Peneliti

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap	: Dr. Hj. Sri Kurniati A. ST, MT
2.	Jabatan Fungsional	: Lektor Kepala
3.	Jabatan Struktural	: -
4.	NIP	19721102 199802 2 002
5.	NIDN	0002117204
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Masewali Soppeng, 02 November 1972
7.	Alamat Rumah	Jl. Keuangan II No. 52, Kupang-NTT
8.	Nomor Telepon	081237744422
9.	Alamat kantor	Jl. Adisucipto, Penfui Kupang-NTT
10.	Nomor Telepon	0380-881558
11.	Alamat E-Mail	sri_kurniatia@yahoo.com
12.	Mata Kuliah yang Diampu	1. Saluran Transmisi 2. Elektronika Daya 3. Transmisi Daya 4. Medan Elektromagnetika 5. Dasar Sistem Kontrol 6. Praktikum III dan IV

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	UMI Ujung Pandang	UNHAS-Makassar	Universitas Brawijaya
Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknik Elektro	Teknik Lingkungan
Tahun Masuk-Lulus	1992-1997	2003-2006	2015-2019
Judul Skripsi, Tesis	Perencanaan PABX Pada Gedung Kantor Bupati Soppeng	Analisis Kinerja Penyearah Terkendali 3 Fasa Dengan Menggunakan Filter Hibrid	Pengolahan Biodiesel Minyak Nyamplung dengan Menggunakan Teknologi Radiasi Induksi Elektromagnetik
Nama Pembimbing	Ir. Andani dan Ir. Sugianto	Prof. Dr. Ir. Muh. Tola, M.Eng dan Dr. Ir. Rhiza S. Sadjad, M. Sc	Prof. Ir. Sudjito Soeparman, Ph.D

C. Pengalaman Penelitian Dalam Lima Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1.	2014	Perancangan perangkat lunak sistem penjadwalan ekonomis pada unit – unit pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar minyak (BBM) di kota Kupang (Ketua)	Hibah Unggulan Perguruan Tinggi	60
2.	2015	Rancangan Penyearah Terkendali DC Berharmonik Rendah Untuk Mengurangi Kadar Harmonik Pada Jaringan Listrik (Anggota)	Hibah Unggulan Perguruan Tinggi	75
3.	2016	Optimasi Penempatan Kapasitor Shunt Sebagai Usaha Untuk Memperbaiki Kualitas Jaringan Listrik Pada Sistem Distribusi PT PIN (Persero) Kota Kupang Dengan Menggunakan Algoritma Genetika (Ketua)	PT-UPT Dikti	50
4.	2018	Peningkatan Efisiensi Dan Kualitas Biodiesel Minyak Nyamplung Dengan Menggunakan Teknologi Radiasi Panas Induksi Elektromagnetik (Ketua)	PDD	58

D. Pengalaman Pengabdian Kepada masyarakat Dalam Lima Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1.	2014	Service and Training Center Bidang Elektro Universitas Nusa Cendana (IbIKK) , (Ketua)	IbIKK	115
2.	2015	Service and Training Center Bidang Elektro Universitas Nusa Cendana (IbIKK), (Ketua)	IbIKK	115
3.	2016	IbM Industri Tahu, (Anggota)	IbM	42
4.	2017	IbM Kelompok Peternak Ayam Dalam Mengatasi Kendala Listrik Dan Proses Produk Ayam Potong, (Anggota)	PKM	46

E. Pengalaman Penulisan Artikel Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Jurnal	Volume / Nomor Tahun	Nama Jurnal
1.	The Cross-Border Potensial Economic Development Strategy	Juni 2013, page 50 -59, ISSN: 1991-8178	Jurnal Internasional: Australian Journal Basics and Science (AJBAS).
2.	Analisis Perbandingan Kinerja Penggunaan Filter Pasif dan Filter Aktif pada Penyearah Terkendali Satu Fasa	2013	Jurnal Media Elektro Undana
3.	Analisis Efisiensi Keluaran Daya Solar Sel Berdasarkan Sudut Kemiringan	Vol. 1, No. 3, April 2013	Jurnal Media Elektro
4.	Analisis Kinerja Penyearah Terkendali Satu Fasa Dengan Menggunakan <i>Kontrol Pulse Width Modulation (PWM)</i>	2015	Proceeding Seminar Nasional Keteknikan dan Teknologi Informasi (SNTKTI)
5.	Penggunaan Kontrol Pulse Width Modulation (PWM) pada Penyearah Terkendali Satu Fasa dengan Beban yang Bervariasi	2016	Proceeding SAINSTEK III, FST, Universitas Nusa Cendana
6.	Characteristics and Potential of Nyamplung (<i>Calophyllum inophyllum</i> L.) Seed Oil from Kebumen, Central Java, as a Biodiesel Feedstock	2018	International Research Journal of Advanced Engineering and Science
7.	A Novel Process for Production of <i>Calophyllum Inophyllum</i> Biodiesel with Electromagnetic Induction	Vol 12 (3) 2019	Energies Terindeks Scopus (Q2)
8.	A New Design of Magnetic Gear Axial using a Rectangular NdFeB Magnetic Layer	2019	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 494 (1), Terindeks Scopus

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	SNTKTI UMI Makassar	Analisis Kinerja Penyearah Terkendali Satu Fasa Dengan	Makassar, Agustus 2015

		Menggunakan <i>Kontrol Pulse Width Modulation (PWM)</i>	
2.	SAINSTEK III Undana	Penggunaan Kontrol Pulse Width Modulation (PWM) Pada Penyearah Terkendali Satu Fasa Dengan Beban Yang Bervariasi	Kupang, 28 Oktober 2016

G. Pengalaman Menulis Buku Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah halaman	Penerbit
1.	Analisis dan Desain Penyearah DC dengan Simulasi PSPICE	2020	214	DePublish

H. Pengalaman Perolehan HKI Dalam 5 - 10 Tahun Terakhir

No.	Judul / Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.	Alat Press Tahu Elektrik (Prestek)	2019	Paten Sederhana	No. Pendaftaran: PID20190097
2.	Disain Motor Magnet dengan Menggunakan Magnet Permanen NdfeB Persegi Panjang yang Disusun secara Berlapis	2019	Paten Sederhana	No. Pendaftaran: S00201909703

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik /Rekayasa Sosial Lainnya Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul / Tema Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
-----	--	-------	------------------	-------------------

J. Penghargaan yang Pernah Diraih Dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Dosen Berprestasi Dalam Bidang Penelitian	Dekan FST Undana	2010
2.	Dosen yang Aktif Dalam Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir (2006-2010)	Ketua LPM Undana	2011

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian DIPA FST Undana.

Kupang, 11 Oktober 2020

Pengusul,

(Dr. Hj. Sri Kurniati A., ST, MT)

NIP. 19721102 199802 2 002

II. Biodata Anggota Peneliti

Biodata Anggota 1

1.	Nama Lengkap	: Dr. Sudirman S., ST, MT
2.	Jabatan Fungsional	: Lektor Kepala
3.	Jabatan Struktural	: -
4.	NIP	19670211 199903 1 001
5.	NIDN	0011026704
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Bone, 11 Pebruari 1967
7.	Alamat Rumah	Jl. K.H. Akhmad Dahlan, Kupang-NTT
8.	Nomor Telepon	081342646234
9.	Alamat kantor	Jl. Adisucipto, Penfui Kupang-NTT
10.	Nomor Telepon	0380-881558
11.	Alamat Email	sridirman@yahoo.com
12.	Lulusan yang Dihasilkan	S1= 95 orang
13.	Mata Kuliah yang Diampu	1. Mesin Listrik II 2. Elektronika Daya 3. Transmisi Daya 4. Pembangkit Energi Listrik 5. Dasar Sistem Kontrol 6. Praktikum III dan IV 7. Teknik Kontrol Dalam Industri

A. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	UMI Ujung Pandang	UNHAS-Makassar	UB
Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknik Elektro	Teknik Mesin
Tahun Masuk-Lulus	1987-1995	2003-2006	2013-2019
Judul Skripsi,Tesis	Studi Penggunaan Motor Induksi Yang Hemat Energi	Analisis Pengendalian Kecepatan Motor DC Dengan Menggunakan Kontrol PWM	Studi Kinerja dak Karakteristik Roda Gigi Magnet Tipe Aksial
Nama Pembimbing	Dr. Ir. H. Muh. Arief, Dipl.Ing dan Dr. Ir. H. Najamuddin Harun	Dr. Ir. Rhiza S. Sadjad, M.Sc dan Dr. Ir. Zahir Zainuddin, MT	Prof. Sudjito S., Ph.D Dr. Deny W., ST, MT Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT

B. Pengalaman Penelitian Dalam Lima Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1.	2014	Perancangan perangkat lunak sistem penjadwalan ekonomis pada unit – unit pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar minyak (bbm) di kota Kupang, Tahun II (Anggota)	Hibah Unggulan Perguruan Tinggi	50
2.	2014	Model Strategis Pengembangan Kawasan Perbatasan Nusa Tenggara Timur (Indonesia) dengan Timor Leste Tahun II (Anggota)	Hibah Stranas	85
3.	2015	Rancangan Penyearah Terkendali DC Berharmonik Rendah untuk Mengurangi Kadar Harmonik Pada Jaringan Listrik	Hibah Unggulan Perguruan Tinggi	95
4.	2016	Rancangan Penyearah Terkendali DC Berharmonik Rendah untuk Mengurangi Kadar Harmonik Pada Jaringan Listrik	Hibah Unggulan Perguruan Tinggi	100
5.	2017	Rancangan Penyearah Terkendali DC Berharmonik Rendah untuk Mengurangi Kadar Harmonik Pada Jaringan Listrik	Hibah Unggulan Perguruan Tinggi	199

C. Pengalaman Pengabdian Kepada masyarakat Dalam Lima Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1.	2014	IbPe Emping Jagung, Tahun II (Ketua)	IBPe	100
2.	2015	IbPe Emping Jagung, Tahun III (Ketua)	IbPE	100
3.	2016	IbM Usaha Kerupuk Emping Jagung Dalam Menghadapi Kendala Pemasaran dan Perbaikan Manajemen (Anggota)	IbM	40

D. Pengalaman Penulisan Artikel Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Jurnal	Volume / Nomor Tahun	Nama Jurnal
1.	The Cross-Border Potensial Economic Development Strategy	Juni 2013, page 50 -59, ISSN: 1991-8178	Jurnal Internasional: Australian Journal Basics and Science (AJBAS).
2.	Analisis Kinerja Penyearah Terkendali Satu Phasa dengan Menggunakan <i>Kontrol Pulse Width Modulation (PWM)</i>	17 Januari 2015, ISSN: 2407 – 7534	Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan dan Teknologi Informasi (SNTKTI) 2015
3.	Comparison of Axial Magnetic Gears Based on Magnetic Composition Topology Differences	Tahun: 2018 Volume: 11 ISSN: 1996-1073	Energies
4.	A New Design of Magnetic Gear Axial using a Rectangular NdFeB Magnetic Layer	2019	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 494 (1), Terindeks Scopus
5.	A Novel Process for Production of Calophyllum Inophyllum Biodiesel with Electromagnetic Induction	Vol 12 (3) 2019	Energies Terindeks Scopus (Q2)
6.	Design and characteristics of Axial Magnetic Gear Using Rectangular Magnet	Vol. 53, No. 2 April 2020	Journal Européen des Systèmes Automatisés (JESA) Vol. 53, No. 2, April, 2020, pp. 167-175

E. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir

F.

No.	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	Seminar Nasional Sains dan Teknik Tahun 2014	Analisis Efisiensi Penggunaan Solar Sel ditinjau dari Sudut Kemiringan	Tahun 2014
2.	Seminar Nasional Teknik (SENATEK) ITN Malang, 2015	Aplikasi Penggunaan Boiler pada UKM Sinar 313	Tahun 2015

G. Pengalaman Menulis Buku Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah halaman	Penerbit
1.	Analisis dan Desain Sistem Penyearah dengan Menggunakan Simulasi PSPICE	2020	214	Deepublish
2.	Optimasi Pembangkit Listrik Hidro-Termal dengan Menggunakan Metode Gradien Orde Dua	2020	65	Deepublish

H. Pengalaman Perolehan HKI Dalam 5 - 10 Tahun Terakhir**I.**

No.	Judul / Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.	Alat Press Tahu Elektrik (Prestek)	2019	Paten Sederhana	No. Pendaftaran: PID20190097
2.	Disain Motor Magnet dengan Menggunakan Magnet Permanen NdfeB Persegi Panjang yang Disusun secara Berlapis	2019	Paten Sederhana	No. Pendaftaran: S00201909703

J. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik /Rekayasa Sosial Lainnya Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul / Tema Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

K. Penghargaan yang Pernah Diraih Dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Dosen Berprestasi Dalam Bidang Penelitian	Dekan FST Undana	2009
2.	Dosen yang Aktif Dalam Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir (2006-2010)	Ketua LPM Undana	2011

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian Dana DIPA FST Undana.

Kupang, 11 Oktober 2020

Pengusul,

(Dr. Sudirman S., ST, MT)
NIP. 19670211 199903 1 001

Biodata Anggota 2

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap	: Wellem F. Galla, ST, MT
2.	Jabatan Fungsional	: Lektor
3.	Jabatan Struktural	: -
4.	NIP	: 19701223 199803 1 002
5.	NIDN	: 0023127005
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	: Kupang, 23 Desember 1970
7.	Alamat Rumah	: Jl. Noelmuti No. 10 Naikoten I Kupang
8.	Nomor Telepon	: 0380-833549
9.	Alamat kantor	: Jl. Adisucipto, Penfui Kupang-NTT
10.	Nomor Telepon	: 0380-881558
11.	Alamat E-Mail	wfridzg@yahoo.co.id
12.	Lulusan yang Dihasilkan	S1= 150 orang
13.	Mata Kuliah yang Diampu	7. Analisis Sistem Tenaga Listrik 8. Rangkaian Listrik I dan II 9. Penggunaan Komputer Dalam STL 10. Perencanaan Sistem Tenaga Listrik

K. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Kristen Petra Surabaya	ITB Bandung	
Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknik Elektro	
Tahun Masuk-Lulus	1990-1996	2001-2004	
Judul Skripsi, Tesis			
Nama Pembimbing			

L. Pengalaman Penelitian Dalam Lima Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1.	2006	Uji Kondisi Stabilitas Dinamik Sistem Tenaga (Studi Kasus Pada Sistem Tenaga 3-Mesin), 2006	PDM	3,5
2.	2006	Perbaikan Stabilitas Dinamik Melalui Penjadwalan Ulang Pembangkit Menggunakan Sensitivitas Trayektori	PDM	10

3.	2007	Kajian Kelayakan Operasi dan Kelayakan Finansial (KKO/KKF) Pembangunan PLTU Ropa 2 x 7 MW dan Jaringan Transmisi 70 kV Ende-Ropa-Maumere,	PDM	150
4.	2009	Rancang Bangun Turbin Angin Tipe Propeler Tiga Blade Dengan Daya 3000 Watt	Hibah Bersaing	50
5.	2010	Penentuan Besar Kapasitansi Sistem Kompensator Seri Untuk Mengatasi Kedip Tegangan Dengan Menggunakan Model Fungsi Alih Jaringan Listrik	Dipa Undana	15
6.	2010	Aplikasi Solenoida Elektromagnet pada Motor Bensin dua Langkah untuk Penghematan Konsumsi Bahan Bakar dan Pengurangan Emisi Gas Buang	Penelitian Terapan Pemerintah Dalam Negeri	

M. Pengalaman Pengabdian Kepada masyarakat Dalam Lima Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1.	2007	Pelatihan Program PSPICE Untuk Meningkatkan Pengetahuan Dan Keterampilan Di Bidang Elektronik Daya Bagi Guru-Guru STM Di Kota Kupang	DP2M	48
2.	2008	Pelatihan Informatiaon and Communication Technology (ITC) Untuk Meningkatkan Kualitas Pengajaran Berbasis Kompetensi Bagi Guru-Guru SMU di Kota Kupang	DP2M	50
3	2008	Pelatihan Sistem Informasi Akademik (SIA) Untuk Tenaga Kependidikan di Lingkungan Fakultas Sains dan Teknik Undana	DIPA Undana	7,5
4	2009	Pelatihan Pembuatan Pompa Teknologi Tepat Guna Bagi Kelompok Tani Rindu Sejahtera di Noelbaki	DP2M	50

N. Pengalaman Penulisan Artikel Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Jurnal	Volume / Nomor Tahun	Nama Jurnal
1.	Perbaikan Stabilitas Dinamik Melalui Penjadwalan Ulang Pembangkit Menggunakan Sensitivitas Trayektori	2006	Jurnal Teknik Elektro Universitas Kristen Petra Surabaya
2.	Aplikasi Solenoida Elektromagnet Pada Motor Bensin Dua Langka Untuk Penghematan Konsumsi Bahan Bakar Dan Pengurangan Emisi Gas Buang	2010	Media Exacta
3.	Analisis Jatuh Tegangan Pada Penyulang 20 kV Berdasarkan pada Perubahan Beban (Studi Kasus Penyulang Penfui dan Penyulang Oebobo PT. PLN Persero Rayon Kupang)	2013	Jurnal Media Elektro

O. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat

P. Pengalaman Menulis Buku Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah halaman	Penerbit

Q. Pengalaman Perolehan HKI Dalam 5 - 10 Tahun Terakhir

No.	Judul / Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID

R. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik /Rekayasa Sosial Lainnya Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul / Tema Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

S. Penghargaan yang Pernah Diraih Dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian Dana DIPA FST Undana

Kupang, 12 Oktober 2020
Pengusul,



(Wellem F. Galla, ST, MT)
 NIP. 19701223 199803 1 002

Biodata Anggota 3

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap	Nursalim ST, MT
2.	Jabatan Fungsional	Lektor
3.	Jabatan Struktural	Kepala Laboratorium Teknik Tenaga Listrik
4.	NIP	19760616 200112 1 003
5.	NIDN	0016067604
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Bone, 16 Juni 1976
7.	Alamat Rumah	Jl. Waitama IV No. 79 Perumnas, Kupang-NTT
8.	Nomor Telepon	085239065458
9.	Alamat kantor	Jl. Adisucipto, Penfui Kupang-NTT
10.	Nomor Telepon	0380-84422
11.	Alamat Email	nursalim@staf.undana.ac.id
12.	Lulusan yang Dihasilkan	S1= 30 orang
13.	Mata Kuliah yang Diampu	1. Instalasi Tenaga Listrik 2. Pembangkit Energi Listrik 3. Sistem Proteksi I 4. Sistem Proteksi II 6. Sistem Cerdas Dalam Sistem Tenaga 7. Teknik Kontrol Dalam Industri 8. Sistem Otomasi Industri

B. Riwayat Pendidikan

Nama Perguruan	S1	S2	S3
	UMI Ujung Pandang	ITS - Surabaya	
Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknik Elektro	
Tahun Masuk-Lulus	1995-2000	2007-2009	
Judul Skripsi, Tesis	Rancang Bangun Sistem Pemanas Ruangan Sekaligus Sebagai Pendingin Ruangan	Desain Kontroler Primemover ANFIS Real-Time Skala Laboratorium Untuk Simulasi Kendali Sistem Satu Mesin	
Nama Pembimbing	Ir. H. Sugianto Ir. Syarifuddin Nojeng	Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M. Eng Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto,	

C. Pengalaman Penelitian

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2008	Aplikasi Perbandingan Kinerja Penyearah Terkendali Tiga Fasa Dengan Menggunakan Filter Hibrid Dan Penyearah PWM	PDM	10
2	2010	Desain Sistem Monitoring Smart House Berbasis Delphi Untuk Mendeteksi Bahaya Kabakaran dan	DIPA UNDANA	48
3	2010	Desain Komunikasi Data Antar Gateway Perahu Nelayan Menggunakan Kanal VHF	DIPA UNDANA	45
4	2015	Desain Sistem Human Machine Interface Sebagai Media Monitoring dan Pengontrolan Jarak Jauh Lampu Lalu Lintas Simpang Empat Berbasis Scada	DIKTI	62.5
5	2016	Desain Sistem Human Machine Interface Sebagai Media Monitoring dan Pengontrolan Jarak Jauh Lampu Lalu Lintas Simpang Empat Berbasis Scada	DIKTI	50.0
6	2018	Pengembangan Sistem Kontrol Traffic Light Dengan Jalur Prioritas Untuk Mengurangi Kemacetan Pada Jalur Simpang Empat Berbasis	DIPA UNDANA	35

D. Pengalaman Pelaksanaan Pengabdian Kepada Masyarakat

No	Tahun	Judul IbM	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah
1	2015	Ibm Guru PAUD TK Aisyiyah 2 dan Aisyiyah 3 Kota Kupang	Dipa UNDANA	45
2	2015	Ibm Kelurahan Tuatuka yang Mengalami Kekurangan Musisi Gerejawi	Dipa UNDANA	38
3	2016	Ibm Guru SD dan SMP Muhammadiyah Kupang	DIKTI	37
4	2017	Ibm Guru SMA dan SMK Muhammadiyah Kupang	DIKTI	42
5	2018	Pkm Kelompok Usaha Kerupuk Singkong Desa Oeletsala Kecamatan Taebenu Kabupaten Kupang	DIKTI	40

E. Publikasi Artikel Ilmiah

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal
1	2013	Pengujian Intensitas Cahaya pada Ruang Laboratorium Komputer Fakultas Sains Dan Teknik (FST) Undana Menggunakan Calculux V. 5.0	Jurnal Media Elektro
2	2016	Desain Sistem Penggerak Panel Surya Menggunakan Board Arduino Uno R3	Jurnal Media Elektro
3	2016	Desain Sistem Human Machine Interface (HMI) Lampu Lalu Lintas Pada Jalur Simpang Empat Menggunakan Software CX Designer	Jurnal Media Elektro
4	2017	Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv Untuk Peningkatan Kualitas Penyaluran Daya Sistem Kelistrikan Kampus Undana Penfui Kupang	Jurnal Media Elektro
5	2017	Pengembangan Sistem Informasi Dan Majemen Sekolah Smk Muhammadiyah Kupang	Jurnal Media Elektro

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian Dana DIPA FST Undana

Kupang, 12 Maret 2020

Ketua Tim Pengusul,



Nursalim, ST, MT

NIP 19760616 200112 1 003

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK**

Jln. Adisucipto – Penfui, Kotakpos 104 Kupang 85001 NTT
E-mail: info.fst@undana.ac.id Telp. 0380 – 881559, Fax. 0380- 881557



SURAT PERINTAH KERJA (SPK) PENELITIAN

**NOMOR 21/UN15.15.2.PPK/SPP/FST/VI/2020
TANGGAL 05 JUNI 2020**

**PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG
(*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM* L.) DENGAN KATALIS
KOH MENGGUNAKAN GELOMBANG MIKRO
(MICROVAWE)**

OLEH

DR. HJ. SRI KURNIATI A., ST., MT (KETUA TIM) dkk

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
KUPANG
2020**



SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN PENELITIAN
NOMOR : 21/UN15.15.2.PPK/SPP/FST/VI/2020

Pada hari ini **JUMAT** Tanggal **LIMA Bulan JUNI** Tahun **DUA RIBU DUA PULUH**, kami yang bertanda tangan di bawah ini :

- | | | | |
|----|---------------------|---|---|
| I | N a m a | : | Johanis F. M. Bowakh, ST., MT |
| | N I P | : | 197207252000031001 |
| | J a b a t a n | : | Pejabat Pembuat Komitmen FST Undana |
| | Alamat Kantor | : | Jln. Adisucipto Penfui Kupang |
| | Selanjutnya disebut | : | PIHAK PERTAMA |
| II | N a m a | : | Dr. Hj. Sri Kurniati A., ST., MT |
| | N I P | : | 197211021998022002 |
| | J a b a t a n | : | Ketua TIM Peneliti (Dosen FST Undana) |
| | Alamat Kantor | : | Jln. Adisucipto Penfui – Kupang |
| | Selanjutnya disebut | : | PIHAK KEDUA |

Kedua belah pihak berdasarkan :

1. Undang-Undang RI Nomor 17 Tahun 2003 tentang Keuangan Negara.
2. Undang-Undang RI Nomor 1 Tahun 2004 tentang Perbendaharaan Negara.
3. Peraturan Pemerintah RI Nomor 20 Tahun 2004 tentang Rencana Kerja Pemerintah.
4. Keppres RI Nomor 42 Tahun 2002 tentang Pelaksanaan APBN yang telah diubah dengan Keppres Nomor 72 Tahun 2004.
5. Keppres RI Nomor 54 Tahun 2010 tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan barang/Jasa Pemerintah.
6. Keppres RI Nomor 70 Tahun 2012 tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan barang/Jasa Pemerintah.
7. Keppres RI Nomor 4 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan barang/Jasa Pemerintah.
8. Peraturan Menteri Keuangan RI Nomor : 134/PMK.06/2005 tentang Pedoman Pembayaran dalam Pelaksanaan APBN.
9. Keputusan Mendiknas RI No. 531/A.A3/KU/2007 tentang Pengangkatan Pejabat Pembuat Komitmen Tahun Anggaran 2008.
10. Peraturan Direktur Jenderal Perbendaharaan Departemen Keuangan RI Nomor : PER-66/PB/2005 tentang Mekanisme Pelaksanaan Pembayaran atas Beban APBN.
11. Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) PNBPU Universitas Nusa Cendana Nomor : 023.17.2.677528/2020 Tanggal 27 Desember 2019 Tahun Anggaran 2020.
12. DIPA PNBPU Universitas Nusa Cendana Nomor : 023.17.2.677528/2020 Tanggal 27 Desember 2019 Tahun Anggaran 2020, dengan Kode Kegiatan 4257.011.053. MAK. 525119 Tahun Anggaran 2020.

Secara bersama-sama sepakat mengadakan Perjanjian Pelaksanaan Penelitian dengan ketentuan sebagai berikut :

Pasal 1
NAMA PENELITIAN

PIHAK PERTAMA memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan tugas Penelitian dengan judul : **"Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) dengan Katalis KOH Menggunakan Gelombang Mikro (Microwave)"**.

Pasal 2
BIAYA PELAKSANAAN KEGIATAN

PIHAK PERTAMA mengalokasikan dana Penelitian yang tersebut pada pasal 1 sebesar **Rp.10.000.000,- (Sepuluh Juta Rupiah)** kepada **PIHAK KEDUA** yang bersumber dari DanaDIPA PNBP Universitas Nusa Cendana Nomor : 023.17.2.677528/2020 Tanggal 27 Desember 2019 Tahun Anggaran 2020, dengan Kode Kegiatan 4257.011.053. MAK. 525119.

Pasal 3
TATA CARA PEMBAYARAN

Pembayaran biaya pelaksanaan kegiatan Penelitian sebagaimana tersebut dalam pasal 2 dilakukan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap :

1. Tahap I (pertama) sebesar 70 % dari nilai kontrak, yaitu sebesar **Rp.7.000.000,- (Tujuh Juta Rupiah)** dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** setelah surat perjanjian ini ditandatangani oleh kedua belah pihak.
2. Tahap II (Dua) terakhir sebesar 30 % dari nilai kontrak yaitu sebesar **Rp.3.000.000,- (Tiga Juta Rupiah)** dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** menyerahkan Laporan Akhir Hasil Penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** disertai dengan Berita Acara.
3. Tahap pembayaran Biaya Pelaksanaan Kegiatan tersebut dalam pasal 1 Perjanjian ini akan dilakukan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** melalui Bendahara Pengeluaran Undana.

Pasal 4
JANGKA WAKTU PELAKSANAAN

Jangka waktu pelaksanaan kegiatan tersebut dalam Surat Perjanjian ini dilaksanakan oleh **PIHAK KEDUA** dalam jangka waktu **147 (Seratus Empat Puluh Tujuh) hari** kalender, terhitung sejak tanggal ditandatangani Surat Perjanjian Penelitian ini atau terhitung sejak tanggal **05 Juni s/d 30 Oktober 2020** yang disepakati oleh kedua belah pihak

Pasal 5
PENYERAHAN HASIL PEKERJAAN

1. **PIHAK KEDUA** berkewajiban mempublikasikan hasil penelitian pada jurnal ilmiah lokal, nasional dan internasional terakreditasi sebagai syarat pencairan dana penelitian tahap akhir dengan kriteria sebagai berikut :
 - a. Jumlah Dana Penelitian < Rp. 20.000.000., wajib di publikasikan pada jurnal lokal;
 - b. Jumlah Dana Penelitian ≤ Rp. 20.000.000., s/d < Rp. 50.000.000., wajib di publikasikan pada jurnal nasional; dan
 - c. Jumlah Dana Penelitian ≥ Rp. 50.000.000., wajib di publikasikan pada jurnal Internasional.
2. **PIHAK KEDUA** harus menyerahkan laporan lengkap Hasil Penelitian tersebut pada pasal 1 kepada **PIHAK PERTAMA** sebanyak 5 (lima) eksemplar dan 3 (tiga) eksemplar Ringkasan Hasil Penelitian yang dijilid terpisah.
3. **PIHAK KEDUA** berkewajiban melengkapi hasil Penelitian dengan lembaran foto warna sekurang-kurangnya 4 (empat) lembar ukuran kartu pos yang memuat tentang obyek/materi Penelitian dengan catatan 4 (empat) lembar foto tersebut dimasukan dalam tubuh laporan utama.
4. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan 1 (satu) soft copy (CD) yang berisikan Ringkasan hasil Penelitian, Artikel Hasil Penelitian dan Abstrak Penelitiannya untuk dipublikasikan.
5. Laporan Hasil Penelitian sebagaimana pada pasal 1, 2, 3 dan 4 di atas harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :
 - a. Bentuk / ukuran kertas kuarto (A4).
 - b. Warna Kulit (Cover) disesuaikan dengan Warna Bendera Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana (warna biru)
 - c. Dibagian dari bawah cover laporan ditulis: "Dibiayai dari Dana DIPA PNBP Universitas Nusa Cendana Nomor : 023.17.2.677528/2020 Tanggal 27 Desember 2019 Tahun Anggaran 2020 dengan Kode Kegiatan 5742.002.001.053 Mak, 525119 Tahun Anggaran 2019."

Pasal 6
PERUBAHAN LOKASI DAN JANGKA WAKTU

1. Apabila **PIHAK KEDUA** karena satu dan lain hal bermaksud merubah pelaksanaan /lokasi/jangka waktu pelaksanaan Penelitian yang telah disepakati dalam perjanjian ini, **PIHAK KEDUA** harus mengajukan permohonan perubahan tersebut ke **PIHAK PERTAMA**.
2. Perubahan pelaksanaan Penelitian dimaksud sebagaimana pada ayat 1 pasal ini dapat dibenarkan bila telah mendapat persetujuan terlebih dahulu dari **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 7
PERUBAHAN JABATAN

Dalam hal **PIHAK KEDUA** berhenti dan berhalangan fungsi pada jabatannya sebelum pelaksanaan perjanjian Penelitian selesai seluruhnya, maka **PIHAK KEDUA** wajib menyerahkan tanggung jawab tersebut kepada penggantinya yaitu salah satu anggota dari tim yang terlibat dalam kegiatan Penelitian ini yang dibuat secara tertulis oleh Ketua Tim Penelitian dengan anggotanya dan diketahui oleh Dekan Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana dan **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 8
SANKSI

1. Apabila sampai dengan batas waktu penyelesaian pelaksanaan Penelitian **PIHAK KEDUA** belum menyerahkan hasil Penelitian seluruhnya kepada **PIHAK PERTAMA** maka **PIHAK KEDUA** dikenakan denda sebesar 1 0/00 (per mil) setiap hari keterlambatan terhitung dari tanggal jatuh tempo yang ditetapkan sampai setinggi-tingginya 5 % (Lima Persen) dari nilai perjanjian pelaksanaan Penelitian untuk disetor ke Kas Negara.
2. Dalam hal **PIHAK KEDUA** tidak dapat memenuhi perjanjian pelaksanaan Penelitian (prestasi kerja 0 % hasil kerja buruk, ingkar, yang terekam pada saat pemantauan) maka **PIHAK KEDUA** dapat dikenakan Sanksi berupa penghentian sepihak atas sisa dana yang belum dibayarkan atau mengembalikan kepada **PIHAK PERTAMA** dan dari pelaksanaan Penelitian yang telah diterimanya.
3. Apabila batas waktu penyelesaian pelaksanaan Penelitian sebagaimana dalam pasal 4 tidak dapat dipenuhi maka untuk selanjutnya **PIHAK PERTAMA** tidak akan melayani permohonan usul Penelitian **PIHAK KEDUA** selama (dua) semester terhitung mulai tanggal berakhirnya Perjanjian ini.

Pasal 9
HAK CIPTA DAN BIAYA MATERAI

1. Hak Cipta pelaksanaan Penelitian tersebut berada pada **PIHAK KEDUA** sedangkan **HAK PUBLIKASI** laporan hasil Penelitian atau artikel Penelitian adalah wewenang **PIHAK PERTAMA**
2. Surat perjanjian pelaksanaan Penelitian ini di buat rangkap 4 (empat), 2 (dua) diantaranya dibubuhi materai masing-masing sebesar **Rp. 6.000.- (Enam Ribu Rupiah)** sesuai dengan Peraturan Pemerintah tentang perubahan biaya materai dan biaya administrasi dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**.

Pasal 10
PENYELESAIAN PERSELISIHAN

1. Apabila dalam pelaksanaan Penelitian ini timbul perselisihan diantara kedua belah pihak, maka pada dasarnya kedua belah pihak setuju untuk penyelesaian perselisihan tersebut dengan musyawarah.
2. Apabila perselisihan itu tidak dapat diselesaikan melalui musyawarah, maka segala perselisihan yang bersifat umum akan diselesaikan melalui Pengadilan Negeri dan perselisihan yang bersifat teknis akan diselesaikan melalui Badan Arbitrase Nasional Indonesia sebagai Panitia Pendamai.

3. Badan Arbitrase Nasional Indonesia yang disebutkan dalam ayat (2) pasal ini, anggotanya terdiri atas 3 orang yaitu seorang anggota dari wakil **PIHAK PERTAMA**, seorang wakil dari **PIHAK KEDUA** dan seorang merangkap ketua dari **PIHAK KETIGA** yang dipilih atas persetujuan kedua belah pihak.
4. Apabila dengan cara musyawarah dan panitia Arbitrase belum juga mencapai penyelesaian, maka perselisihan diajukan ke Pengadilan Negeri Kupang.

Pasal 11
PENUTUP

Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini akan dibuatkan kontrak perjanjian tambahan (Kontrak Addendum) oleh kedua belah pihak.

PIHAK PERTAMA,
Pejabat Pembuat Komitmen FST Undana



[Signature]
Dobanis F. M. Bowakh, ST., MT
NIP : 197207252000031001

PIHAK KEDUA
Ketua Tim Peneliti,



[Signature]
Dr. Hj. Sri Kurniati A., ST., MT
NIP : 197211021998022002

Mengetahui
Dekan FST,



[Signature]
Drs. Hery Leo Sianturi, M.Si
NIP : 19651205 199103 1 006