

**APLIKASI CANGKANG KERANG BULU DAN LIMBAH LAS
KARBID SEBAGAI KATALIS REAKSI TRANSESTERIFIKASI
BIODIESEL LIMBAH PABRIK PENGALANGAN IKAN**

SKRIPSI



oleh

**ERWINSYAH TRIO INDRA PRAJA
NIM B42131598**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ENERGI TERBARUKAN
JURUSAN TEKNIK
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
2017**

**APLIKASI CANGKANG KERANG BULU DAN LIMBAH LAS
KARBID SEBAGAI KATALIS REAKSI TRANSESTERIFIKASI
BIODIESEL LIMBAH PABRIK PENGALANGAN IKAN**

SKRIPSI



Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Terapan (S.ST)

oleh

**ERWINSYAH TRIO INDRA PRAJA
NIM B42131598**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ENERGI TERBARUKAN
JURUSAN TEKNIK
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
2017**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER**

**APLIKASI CANGKANG KERANG BULU DAN LIMBAH LAS KARBIT
SEBAGAI KATALIS REAKSI TRANSESTERIFIKASI BIODIESEL
LIMBAH PABRIK PENGALANGAN IKAN**

Diuji Pada Tanggal 31 Agustus 2017

Tim Penguji:

Ketua,



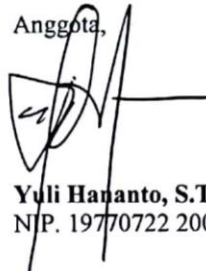
Ir. Michael Joko Wibowo, M.T
NIP.19790212 200212 2 001

Sekretaris,



Mochammad Nuruddin, ST., M.Si
NIP. 19761111 200112 1 001

Anggota,



Yuli Hananto, S.TP., M.Si
NIP. 19770722 200212 1 001

Menyetujui,

Ketua Jurusan Teknik



Dr. Bayu Rudiyanto, S.T, M.Si
NIP. 19731221 200212 1 001

PERSEMBAHAN

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang engkau berikan akhirnya laporan Skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu tercurah limpahkan keharibaan Rosulullah Muhammad SAW.

Sebagai tanda bukti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada ibu dan ayah yang telah memberi kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada hentinya, yang tidak bisa mungkin aku balas dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan. Untuk kakak-kakakku, tiada yang paling mengharukan saat berkumpul bersama kalian, walau sering berbeda pendapat dan pemikiran, tapi hal itu yang selalu memberi warna tersendiri. Terima kasih atas dukungan, kasih sayang, dan doa yang selalu tidak pernah terhenti.

Terima kasih kepada orang-orang yang telah membantu dalam berbagai hal. Khususnya bapak Michael Joko Wibowo, bapak Mochammad Nuruddin dan ibu Yuana Susmiati yang senantiasa membantuku dalam menyelesaikan laporan yang sederhana ini dan kepada seluruh para dosen TET. Terima kasih kepada Mohammad Syarif yang selalu membantu dalam melaksanakan penelitian ini, team Biodiesel (Andrianto, Prisca, Atub, Ririn dan Amalia), dan teman 1 kontrakan (Firdaus, Ardi, Restu, Ma'at dan Dedi) yang sudah memberi warna tersendiri selama 4 tahun bersama dan terima kasih kepada seluruh teman-teman satu angkatan Teknik Energi Terbarukan 2013.

.

MOTTO

Barangsiapa bertaqwa kepada Allah, maka Allah memberikan jalan keluar kepadanya dan memberi rezeki dari arah yang tidak disangka-sangka. Barangsiapa yang bertaqwa pada Allah, maka Allah jadikan urusannya mudah. Barangsiapa yang bertaqwa kepada Allah akan dihapuskan dosa-dosanya dan mendapatkan pahala yang agung
(Surah Ath-Thalaq Ayat 2-4)

Sebagian kita seperti tinta dan sebagian lagi seperti kertas. Dan jika bukan karena hitamnya sebagian kita, sebagian kita akan bisu. Dan jika bukan karena putihnya sebagian kita, sebagian kita akan buta
(Kahlil Gibran)

Orang bodoh seringkali beralasan sabar terhadap segala sesuatu yang sebenarnya dia mengalah dengan keadaan tanpa pernah berusaha
(Albert Einstein)

When one's expectations are reduced to zero, one really appreciates everything one does have
(Stephen Hawking)

Guru yang tak tahan kritik boleh masuk keranjang sampah. Guru bukan dewa dan selalu benar, dan murid bukan kerbau
(Soe Hok Gie)

Dunia itu seluas langkah kaki. Jelajahilah dan jangan pernah takut melangkah. Hanya dengan itu kita bisa mengerti kehidupan dan menyatu dengannya
(Soe Hok Gie)

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Erwinsyah Trio Indra Praja

NIM : B4 2131 598

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Skripsi saya yang berjudul “Aplikasi Cangkang Kerang Bulu Dan Limbah Las Karbit Sebagai Katalis Reaksi Transesterifikasi Biodiesel Limbah Pabrik Pengalengan Ikan” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir Laporan Skripsi ini.

Jember, 31 Agustus 2017

Erwinsyah Trio Indra Praja
NIM B4 2131 598

Aplikasi Cangkang Kerang Bulu Dan Limbah Las Karbit Sebagai Katalis Reaksi Transesterifikasi Biodiesel Limbah Pabrik Pengalengan Ikan
(*Application of Anadara antiquenta's Shells and Waste Calcium Carbide as Catalyst Reaction on Biodiesel Transesterification of Waste Of Canning Fish Factory*)

Erwinsyah Trio Indra Praja
Program Studi Teknik Energi Terbarukan
Jurusan Teknik

ABSTRAK

Proses pembuatan biodiesel dari limbah minyak Ikan dilakukan melalui reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa heterogen. Salah satu jenis katalis basa heterogen yang dapat dijadikan sebagai katalis adalah cangkang kerang bulu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah katalis cangkang kerang bulu dengan penambahan limbah las karbit dan lama pengadukan pada reaksi transesterifikasi limbah minyak Ikan serta untuk mengetahui karakteristik biodiesel yang dihasilkan. Metode pembuatan biodiesel adalah esterifikasi dan transesterifikasi. Jenis alkohol yang digunakan pada reaksi tersebut adalah metanol sebanyak 20% v/v minyak untuk reaksi esterifikasi dan 50% v/v minyak untuk reaksi transesterifikasi. Variasi jumlah katalis cangkang kerang bulu yang digunakan adalah 1%, 2%, 3%, dan 4 % b/v dengan penambahan limbah las karbit sebanyak 2% b/v dan lama pengadukan yang digunakan adalah 60 dan 90 menit. Biodiesel dari rendemen tertinggi dari variasi jumlah katalis dan lama pengadukan diuji kualitasnya dan didapatkan nilai massa jenis 877,789 kg/m³, viskositas 5,62 cSt, angka asam 0,7854, titik nyala 196°C, angka iod 48,60, indeks setana 149,771, bilangan penyabunan 48,10, dan nilai kalor 46,729 MJ/kg.

Kata Kunci : Biodiesel, Limbah Minyak Ikan, Lama Pengadukan.

Aplikasi Cangkang Kerang Bulu dan Limbah Las Karbit Sebagai Katalis Reaksi Transesterifikasi Biodiesel Limbah Pabrik Pengalengan Ikan (Application of Anadara antiquenta's Shells and Waste Calcium Carbide as Catalyst Reaction on Biodiesel Transesterification of Waste Of Canning Fish Factory)

Erwinsyah Trio Indra Praja
*Renewable Energy Engineering Study Program
Engineering Department*

ABSTRACT

The process of making biodiesel from fish oil waste has been done through transesterification reaction using heterogenic base catalyst. One type of heterogeneous base catalyst that can be used as a catalyst is the shell of Anadara antiquenta. The objective of this research is to determine the effect of Anadara antiquenta shell catalyst with the addition of carbide welding waste and stirring time in fish oil transesterification reaction and to determine the characteristics of biodiesel. The method used for making biodiesel is esterification and transesterification. The type of alcohol used in the reaction is methanol as much as 20% v/v of oil for the esterification reaction and 50% v/v of oil for the transesterification reaction. Variations in the amount of Anadara antiquenta's shells used were 1%, 2%, 3%, and 4% w/v with the addition of 2% w/v carbide welding waste and the agitation time used was 60 and 90 minutes. The quality of biodiesel from the highest yield of catalyst variation and duration of stirring were tested. The density value of biodiesel is 877,789 kg/m³, viscosity 5,62 cSt, acid number 0,7854, flame 196 °C, iod 48,60, deviation index 149,771, sapding 48,10, and heat value 46,729 Mj/Kg.

Key Word : Biodiesel, Fish oil waste, Stirring duration.

RINGKASAN

Aplikasi Cangkang Kerang Bulu Dan Limbah Las Karbit Sebagai Katalis Reaksi Transesterifikasi Biodiesel Limbah Pabrik Pengalengan Ikan, Erwinsyah Trio Indra Praja, NIM B42131598, Tahun 2017, 65 hlm, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember, Ir. Michael Joko Wibowo, MT (Pembimbing I) dan Mochammad Nuruddin, ST., M.Si. (Pembimbing II)

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar konvensional dari minyak bumi (solar) yang dapat dibuat dari minyak nabati dan hewani. Salah satu jenis minyak hewani yang dapat dibuat menjadi biodiesel adalah minyak ikan. Pada proses pembuatan biodiesel minyak ikan direaksikan dengan metanol yang disebut dengan reaksi transesterifikasi. Reaksi ini berjalan sangat lambat, oleh karena itu dibutuhkan katalis untuk mempercepat reaksinya. Pada umumnya jenis katalis yang sering digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis basa homogen tetapi katalis homogen sulit dipisahkan dari produk maka penelitian ini menggunakan katalis heterogen, seperti kalsium oksida (CaO). CaO dapat diperoleh dari *cracking* Cangkang Kerang Bulu pada suhu lebih dari 500°C, untuk menambah sifat basa pada CaO Cangkang Kerang Bulu peneliti menambahkan Limbah Las Karbit.

Cangkang Kerang Bulu dan limbah las karbit pada penelitian ini digunakan sebagai katalis pada reaksi transesterifikasi minyak ikan, selain itu lama pengadukan pada reaksi transesterifikasi digunakan untuk mengetahui pengaruh jumlah katalis cangkang kerang bulu yang dicampur limbah karbit terhadap rendemen biodiesel. Jumlah katalis yang digunakan divariasikan sebanyak 1, 2, 3, dan 4 b/v minyak dengan penambahan limbah las karbit sebanyak 2% b/v minyak, sedangkan lama pengadukan 60 dan 90 menit. Selanjutnya, dilakukan pengujian kualitas biodiesel dari perlakuan jumlah katalis dan lama pengadukan yang menghasilkan rendemen tertinggi.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap perlakuan jumlah katalis dan lama pengadukan didapatkan rendemen tertinggi sebesar 80,5% dengan jumlah katalis cangkang kerang bulu 4% yang ditambahkan limbah las karbit sebesar 2% b/v dan lama pengadukan 90 menit. Sedangkan tanpa menggunakan limbah las karbit rendemen biodiesel menghasilkan 61,17%. Kualitas biodiesel minyak Ikan yang diperoleh nilai massa jenis $877,789 \text{ kg/m}^3$, viskositas 5,62 cSt, angka asam 0,7854, titik nyala 196°C , angka iod 48,60, indeks setana 149,771, bilangan penyabunan 48,10, dan nilai kalor 46,729 MJ/kg.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang Maha Mendengar lagi Maha Melihat dan atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis yang berbentuk Skripsi yang berjudul Aplikasi Cangkang Kerang Bulu Dan Limbah Las Karbit Sebagai Katalis Reaksi Transesterifikasi Biodiesel Limbah Pabrik Pengalengan Ikan ini sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Besar Muhammad SAW beserta seluruh keluarga dan sahabat-Nya yang selalu eksis membantu perjuangan beliau dalam menegakkan Dinullah di muka bumi ini. Laporan Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan (S.ST.) di Program Studi Teknik Energi Terbarukan Jurusan Teknik di Politeknik Negeri Jember. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan segenap ucapan terima kasih atas segala dukungan, bantuan dan kerjasama kepada:

1. Ir. Nanang Dwi Wahyono, MM. selaku Direktur Politeknik Negeri Jember,
2. Dr. Bayu Rudiyanto, ST, M.Si. ketua Jurusan Teknik,
3. Ir. Michael Joko Wibowo, MT. selaku Dosen Pembimbing Utama,
4. Mochammad Nuruddin, ST, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota,
5. Yuli Hananto, S.TP, M.Si. selaku Dosen Penguji,
5. Ayah dan Ibu beserta keluarga tercinta yang selalu memberi do'a dan semangat.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, maka saran dan kritik yang konstruktif dari semua pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan selanjutnya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya bagi penulis dan para pembaca pada umumnya, semoga Allah SWT meridhoi dan dicatat sebagai ibadah disisi-Nya, Amin.

Jember, 31 Agustus 2017

Penulis



**PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Erwinsyah Trio Indra Praja
NIM : B42131598
Program Studi : Teknik Energi Terbarukan
Jurusan : Teknik

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas Karya Ilmiah berupa Laporan Skripsi saya yang berjudul :

**APLIKASI CANGKANG KERANG BULU DAN LIMBAH LAS KARBIT
SEBAGAI KATALIS REAKSI TRANSESTERIFIKASI BIODIESEL
LIMBAH PABRIK PENGALANGAN IKAN**

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember berhak menyimpan, mengalih media atau format, mengelola dalam bentuk Pangkalan Data (Database), mendistribusikan karya dan menampilkan atau mempublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Jember, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas Pelanggaran Hak Cipta dalam Karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jember
Pada Tanggal : 31 Agustus 2017
Yang menyatakan,

Nama : Erwinsyah Trio Indra Praja
NIM : B42131598

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
SURAT PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
SURATPERNYATAAN PUBLIKASI	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
 BAB 1. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
 BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Biodiesel	5
2.2 Minyak Ikan	5
2.3 Katalis	5
2.3.1 Deskripsi Kerang Bulu.....	6
2.3.2 Limbah Las Karbit	7

2.4 Esterifikasi	7
2.5 Transesterifikasi	8
2.6 Metode Pemurnian Biodiesel	9
2.7 Kualitas Biodiesel	10
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Penelitian	11
3.3.1 Penelitian Pendahuluan	12
3.3.2 Penelitian Utama	16
3.3.3 Analisa Karakteristik Biodiesel.....	20
3.4 Analisis Data	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Penelitian Pendahuluan	22
4.1.1 Pemurnian Minyak Ikan	22
4.1.2 Preparasi Cangkang Kerang Bulu	23
4.1.3 Reaksi Esterifikasi.....	23
4.1.4 Reaksi Transesterifikasi	24
4.1.5 Pemurnian Biodiesel	24
4.1.6 Penentuan Jumlah Katalis Penelitian Utama.....	24
4.2 Penelitian Utama	26
4.2.1 Reaksi esterifikasi	26
4.2.2 Reaksi Transesterifikasi	27
4.2.3 Pemurnian Biodiesel	28
4.3 Rendemen Biodiesel	29
4.4 Karakterisasi Biodiesel	34
4.4.1 Viskositas	34
4.4.2 Densitas	35

4.4.3 Bilangan Asam	36
4.4.4 Titik Nyala	37
4.4.5 Bilangan Iod	37
4.4.6 Bilangan Penyabunan.....	38
4.1.7 Indeks Setana	38
4.4.8 Nilai Kalor.....	38
4.4.9 Perbandingan Kualitas Biodiesel Minyak Ikan dengan standar biodiesel	39
BAB 5. Penutup	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Komposisi Kimia Limbah Las Karbit	7
2.2 Syarat Mutu Biodiesel.....	10
3.1 Perlakuan.....	20
4.1 Karakterisasi Minyak Ikan Sebelum Dan Sesudah Pemunian	22
4.2 Perbedaan Rendemen dengan Karbit dan Tanpa Karbit	31
4.3 <i>Analysis of variance</i> (ANOVA).....	32
4.4 Nilai $R_p \times s_{\bar{y}}$ Berdasarkan Tabel Duncan pada Taraf 0,05%	33
4.5 Uji Lanjut DMRT	33
4.6 Hasil Uji Densitas	35
4.7 Hasil Uji Bilangan Asam	36
4.8 Perbandingan Biodiesel Ikan Dan Standar Biodiesel	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Kerang Bulu	6
2.2 Reaksi Karbit Dan Air.....	7
2.3 Reaksi Esterifikasi	8
2.4 Mekanisme Katalis Basa Pada Reaksi Transesterifikasi.....	9
3.1 Diagram Alir Penelitian	12
3.2 Diagram Alir Pembuatan Katalis Camkang Kerang Bulu	14
3.3 Diagram Pre-treatmen Limbah Las Karbit.....	15
3.4 Diagram Alir Reaksi Esterifikasi	17
3.5 Diagram Alir Reaksi Transesterifikasi	18
3.6 Diagram Alir Proses <i>Dry Whashing</i>	19
4.1 Grafik Rendemen Penelitian Pendahuluan	25
4.2 Hasil Reaksi Esterifikasi	27
4.3 Hasil Reaksi Transesterifikasi.....	28
4.4 Hasil Proses Pemurnian.....	29
4.5 Grafik Hubungan Antar Perlakuan	30
4.6 Reaksi Karbit dan Air.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Pembuatan Larutan	45
2. Pengujian Kualitas Minyak Ikan	46
3. Pengujian Kualitas Biodiesel	52
4. Laporan Hasil Pengujian	55
5 Analisa Data	58
6. Dokumentasi Penelitian	62

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biodiesel adalah bahan bakar minyak alternatif yang menjanjikan untuk dikembangkan karena biodiesel memiliki kemiripan sifat fisik dengan solar. Selain itu biodiesel juga ramah lingkungan karena biodiesel dapat mengurangi emisi gas karbon monoksida (CO) sekitar 50%, gas karbon dioksida (CO₂) sekitar 78,45% dan bebas kandungan sulfur (Maulida, 2015). Biodiesel dapat diperoleh dari lemak binatang, minyak tumbuhan atau minyak jelantah melalui transesterifikasi dengan alkohol.

Akhir-akhir ini sudah ada yang melakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah minyak ikan sebagai bahan baku biodiesel. Bahan baku yang bersumber dari bahan pangan akan terjadi kompetisi penggunaan. Pemanfaatan limbah minyak ikan untuk pembuatan biodiesel sangat tepat, karena limbah minyak ikan merupakan non pangan yang tidak mengganggu sumber pangan dan terus menerus dihasilkan (Mastori, 2010).

Dua pertiga wilayah Indonesia terdiri dari perairan, sehingga ikan yang dihasilkan cukup banyak. Ikan memiliki sifat yang mudah rusak, selain itu hasil pasca panen yang kurang baik dalam penanganan membuat ikan cepet busuk, diantaranya benturan selama penangkapan, pengangkutan dan persiapan sebelum pengolahan (Astawa, 2003 *dalam* Handayani, 2010). Proses pengolahan meliputi sortasi ikan, pencucian, pemotongan, *filling*, *pre-cooking*, pengisian bumbu, dan *sterilisasi*. Sortasi bertujuan untuk memilih ikan yang segar karena kesegaran ikan mempengaruhi cita rasa dan aroma produk tersebut. Pencucian berfungsi untuk menghilangkan darah, lendir, dan mengurangi jumlah mikroba awal. Pemotongan dimaksudkan untuk memperoleh bentuk dan ukuran yang sesuai dengan kalengnya, selain itu pemotogan juga berfungsi untuk membuang kepala, sirip dan ekor. *Filling* (pengisian) merupakan pengisian kaleng dengan ikan yang sudah dipotong. Pada saat pengisian, kaleng tidak isi penuh karena untuk menyisakan ruang kosong pada kaleng ± 1 cm yang bertujuan agar saat proses *sterilisasi* kaleng tidak rusak, (Saroyo, 2010). *Pre-cooking* (pemasakan awal) berfungsi

untuk menghilangkan minyak pada ikan, dimana semakin banyak minyak yang terkandung dalam ikan akan menyebabkan ikan mudah busuk saat dikalengkan, sehingga daya simpan ikan kaleng menjadi singkat. Pada proses *pre-cooking* inilah menghasilkan volume limbah pengalengan ikan di Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi mencapai 50-60 ton per bulan (Handayani, 2010). Dimana dari 1 kg ikan menghasilkan limbah sekitar 100 gr (Sartoni, 2013). Limbah tersebut belum dimanfaatkan secara optimal, limbah ikan yang menumpuk dapat menciptakan dampak yang cukup serius bagi lingkungan seperti kotornya air sungai dan buruknya kualitas air warga, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Setiyono (2008) dikecamatan Muncar menemukan bahwa dalam limbah cair yang dikeluarkan oleh industri pengolahan ikan mengandung Nitrat (NO_3), fosfat (PO_4), sulfida (H_2S), amoniak (NH_3) dan klorin bebas (Cl_2). Sehingga perlu penanganan yang serius dengan memanfaatkan limbah minyak ikan untuk dijadikan biodiesel. Proses selanjutnya pengisian bumbu yang berfungsi untuk memberi cita rasa, membantu proses penghampaan dalam kaleng, dan mempersingkat waktu *sterilisasi* setelah proses *sterilisasi* selesai kaleng ditutup otomatis menggunakan mesin, (Saroyo, 2010). Proses terakhir yaitu *sterilisasi* yang digunakan untuk menghentikan semua aktivitas mikroorganisme dan bakteri patogen yang terdapat pada bahan pangan, (Saroyo, 2010).

Untuk mempercepat proses pembuatan biodiesel perlu ditambahkan katalis untuk mempercepat reaksi transesterifikasi. Selama ini, katalis yang biasa digunakan adalah katalis homogen. Namun perlu dipertimbangkan dalam menggunakan katalis homogen ini karena sulit dipisahkan dari produk dan mencemari lingkungan. Untuk mengurangi dampak negatif dari penggunaan katalis homogen perlu adanya alternatif lain yang bisa digunakan sebagai katalis, yaitu dengan menggunakan katalis heterogen untuk membuat biodiesel, sehingga menghasilkan biodiesel yang ramah lingkungan, katalis mudah dipisahkan, sisa katalis dapat dimanfaatkan kembali, dan bisa menekan biaya produksi biodiesel lebih murah.

Katalis CaO dapat dijadikan sebagai katalis heterogen, yang dapat mengurangi limbah dan membuat biodiesel dengan biaya yang rendah. Disamping itu, sumber kalsium dapat diperoleh dari alam yang tidak digunakan lagi yaitu cangkang bekicot, cangkang kepiting, cangkang telur atau cangkang *molluska* lainnya. CaO sendiri diperoleh dengan melalui proses kalsinasi pada suhu diatas 700°C, karena semakin tinggi suhu kalsinasi maka intensitas CaO yang dihasilkan lebih bagus. Arita (2014) mengatakan bahwa cangkang kerang dapat digunakan sebagai sumber kalsium yang bagus sebagai katalis murah untuk pembuatan biodiesel. Dalam penelitian ini, untuk menambah kereaktifan katalis CaO cangkang kerang bulu dan untuk mendapatkan rendemen yang tinggi maka peneliti menambahkan limbah karbit. Limbah karbit adalah produk sampingan dari kalsium karbida (CaC_2) yang direaksikan dengan air (H_2O) yang akan membentuk padatan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), sehingga katalis akan menjadi superbasa. Selain itu untuk mengurangi limbah yang berbahaya bagi lingkungan karena limbah las karbit mengandung racun sianida. Setelah proses transesterifikasi selesai dilakukan proses pemurnian *dry washing* dengan menggunakan magnesium silikat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh perbedaan konsentrasi katalis CaO cangkang kerang bulu yang ditambah limbah las karbit dan lama pengadukan terhadap rendemen biodiesel ?
2. Bagaimana karakteristik biodiesel dari minyak ikan yang dihasilkan dengan berdasarkan standar mutu biodiesel SNI-04-7182-2012 ?

1.3 Tujuan

1. Menentukan pengaruh perbedaan konsentrasi katalis CaO cangkang kerang bulu yang ditambah limbah las karbit dan lama pengadukan terhadap rendemen biodiesel.
2. Mengetahui karakteristik biodiesel minyak ikan yang dihasilkan dengan merujuk SNI-04-7182-2012

1.4 Manfaat

Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan untuk menambah informasi teknologi alternatif pembuatan biodiesel dari limbah hasil perikanan, guna meningkatkan nilai ekonomis dan mengurangi limbah industri pabrik pengalengan ikan yang dapat mencemari lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

1. Minyak ikan yang digunakan adalah minyak ikan campuran dari beberapa jenis ikan yang diperoleh dari Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi.
2. Penambahan limbah karbit pada proses transesterifikasi sebanyak 2% b/v minyak.
3. Penggunaan magnesium silikat 1% dari volume biodiesel yang dihasil proses transesterifikasi.
4. Produk samping berupa gliserol diabaikan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang di buat dengan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi yang berasal dari sumber daya hayati, seperti minyak nabati dan minyak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol. Reaksi transesterifikasi membutuhkan katalis basa, sehingga dapat membentuk senyawa metil ester (Van Gerpen, 2005 *dalam* Santoso, 2013).

Kelebihan biodiesel dibandingkan dengan petrodiesel adalah sedikit memberikan polusi dan dapat digunakan tanpa modifikasi ulang mesin diesel (Bismo et al., 2005 *dalam* Dharsono dan Oktari 2013). Selain itu biodiesel bersifat *biodegradable* atau dapat diuraikan alam secara alamiah, tidak beracun, dan sedikit memiliki kandungan sulfur. Namun dari segi harga untuk saat ini biodiesel masih cukup mahal.

2.2 Minyak Ikan

Minyak ikan diperoleh dari jaringan ikan yang berminyak. Minyak ikan mengandung asam lemak lemak omega-3, DHA (dokosaheksaenoat), EPA (eikosapentaenoat). Tidak semua ikan mengandung asam lemak omega-3 hanya ikan tertentu saja, seperti ikan herring dan ikan sarden atau ikan-ikan predator yang memangsa ikan yang mengandung asam lemak omega-3 seperti ikan air tawar, ikan air danau, ikan laut yang gepeng, ikan tuna dan ikan salmon dimungkinkan mengandung asam lemak omega-3 yang tinggi. (Handayani, 2010).

Menurut Tjioe (2007) *dalam* Mastori (2010), jika dibandingkan dengan minyak nabati dan minyak hewani lainnya, minyak ikan mengandung asam lemak esensial atau asam lemak tidak jenuh dalam jumlah besar.

2.3 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang berfungsi mempercepat laju reaksi dengan menurunkan energi aktivasi, namun tidak menggeser letak kesetimbangan. Pada umumnya katalis yang sering digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah

katalis homogen NaOH dan KOH. Namun kelemahan dari katalis homogen susah dipisah dari produk. Dalam penelitian yang dilakukan Arita (2014) menggunakan katalis cangkang kerang dara dan Syarif (2016) menggunakan katalis heterogen limbah karbit dapat menggantikan katalis homogen dalam proses transesterifikasi. Oleh sebab itu, penelitian ini menggunakan katalis cangkang kerang bulu dengan penambahan limbah las karbit untuk menambah kereaktifan katalis.

2.3.1 Deskripsi dan Klarifikasi Kerang Bulu

Kerang bulu merupakan salah satu jenis kerang yang terdapat di pantai subtrak berlumpur berpasir dengan kedalaman 10-30 m. Kedudukan kerang bulu dalam sistematika hewan diklarifikasikan sebagai berikut (Olsson, 1961 *dalam* Satrioadjie, 2011)

Kerajaan	: Animalia
Filum	: Moluscta
Kelas	: Bivalvia
Bangsa	: Taxodonto
Suku	: Arcidae
Marga	: Anadara
Jenis	: <i>Anadara antiquenta</i>



Gambar 2.1 Kerang Bulu

Ciri kerang bulu adalah cangkang terdiri 2 keping yang saling menutup dan berwarna coklat kehitaman. Bentuk secara keseluruhan hampir bulat, dan mulut cangkang banyak ditemukan bulu-bulu kecil. Menurut (Poutiers, 1998 *dalam* Satrioadjie, 2011) pada permukaan dalam lapisan luar cangkang kerang menghasilkan periostrakum, dan permukaan luarnya menghasilkan lapisan kapur. Antara apitel mantel dan permukaan cangkang bagian dalam terdapat rongga (kecuali pada melekatnya otot palial), yang berisi cairan ekstrapalial, yang kemudian mengendap menjadi butiran-butiran kapur serta cangkang organik.

2.3.2 Limbah Las Karbit

Limbah karbit merupakan produk sampingan dari kalsium karbida (CaC_2) jika direaksikan dengan air (H_2O) akan membentuk padatan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) berwarna putih dan gas asitelin (C_2H_2). Biasanya gas asitelin (C_2H_2) digunakan sebagai bahan pengelasan dan digunakan untuk pematangan buah. Menurut (Sun *et al*, 2015) limbah karbit yang dihasilkan dari proses pengelasan memiliki pH lebih dari 12. Berikut persamaan reaksi setaranya:



Gambar 2.2 Reaksi Karbit dan Air

Berdasarkan persamaan reaksi diatas bahwa untuk mendapatkan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) diperlukan air berlebih untuk mereaksikan karbit karena limbah karbit memiliki pH lebih dari 12. Untuk mengetahui komposisi kimia limbah pengelasan karbit dapat dilihat pada tabel berikut ini :

2.1 Tabel Komposisi Kimia Limbah Las Karbit

Komposisi kimia	Kandungan (%)
SiO_2	6,49
Fe_2O_3	3,25
Al_2O_3	2,55
CaO	70,78
MgO	0,69
Lain-lain	9,94

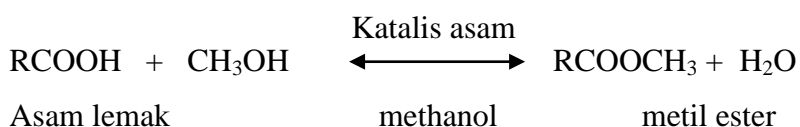
Sumber: (Anand and Bhobhariya, 2012 *dalam* Syarif, 2016)

2.4 Esterifikasi

Reaksi esterifikasi dilakukan untuk menurunkan kadar lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA) pada minyak nabati atau hewani menggunakan alkohol. Jika minyak memiliki kandungan kadar lemak bebas tinggi (>2%), reaksi penyabunan atau saponifikasi akan terjadi pada reaksi transesterifikasi. Oleh sebab itu,

sebelum melakukan reaksi transesterifikasi perlu melakukan reaksi esterifikasi untuk mengurangi asam lemak bebas pada minyak. Reaksi esterifikasi dapat terjadi dengan bantuan katalis asam kuat seperti asam sulfat pekat (H_2SO_4) dan asam klorida pekat (HCL).

Dalam penelitian, katalis yang paling sering digunakan adalah asam sulfat H_2SO_4 pekat. Karena reaksi esterifikasi akan berjalan baik jika dalam keadaan asam. Faktor yang berpengaruh pada reaksi esterifikasi adalah waktu reaksi, pengadukan, katalisator dan suhu reaksi (Dharsono dan Oktari, 2013). Pada reaksi esterifikasi asam lemak bebas dikonversi menjadi ester berdasarkan reaksi berikut:

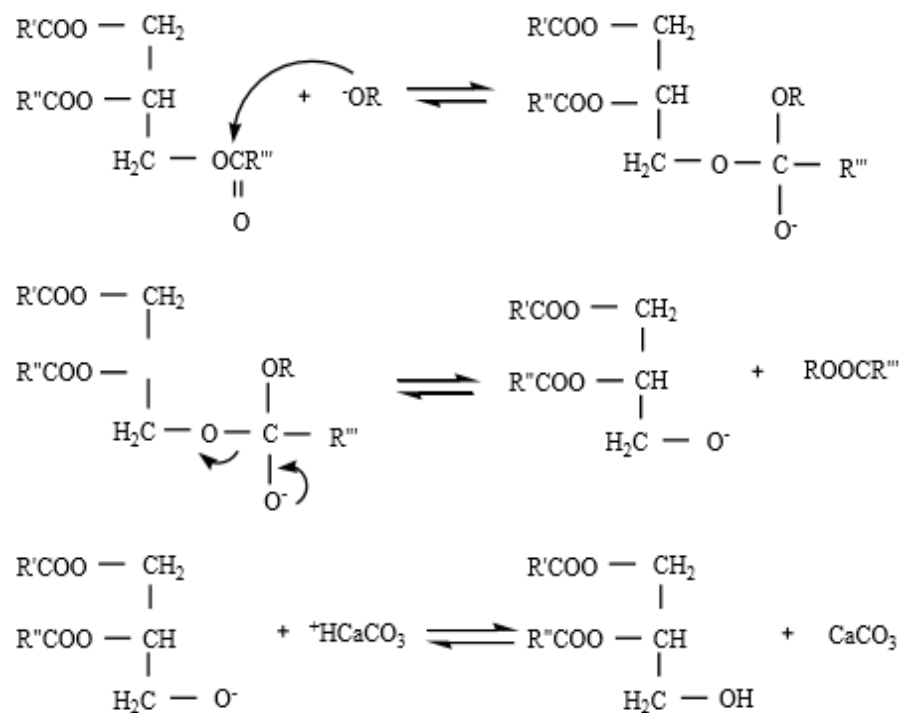


Gambar 2.3 Reaksi Esterifikasi

Namun sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi pada pembuatan biodiesel, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandung harus disingkirkan terlebih dahulu. Karena air tidak dikonversi menjadi biodiesel.

2.5 Transesterifikasi

Transesterifikasi yaitu proses kimiawi yang memerlukan grup alkoholis pada senyawa ester dengan alkohol dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Alkohol yang paling sering digunakan biasanya metanol karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksi disebut metanolisis). Reaksi transesterifikasi berjalan sangat lambat, untuk mempercepat reaksi ini diperlukan bantuan katalisator berupa asam atau basa. Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis basa, karena katalis ini dapat mempercepat reaksi.



Gambar 2.4 Mekanisme Katalis Basa Pada Transesterifikasi

2.6 Metode Pemurnian Biodiesel

Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi masih mengandung gliserol untuk memisahkan biodiesel dengan gliserol yaitu dengan metode pencucian biodiesel. Ada 2 metode pemurnian biodiesel antara lain yaitu *water washing* dan *dry washing*. Pencucian *water washing* dilakukan dengan menambahkan air bersuhu 80°C disertai pengadukan. Setelah itu air dan minyak dipisahkan menggunakan corong pemisah. Metode pencucian *dry whasing* dilakukan dengan penambahan magnesium silikat pada biodiesel yang disertai pengadukan.

Pada penelitian ini menggunakan metode pencucian *dry washing* dengan menggunakan magnesium silikat. Magnesium silikat merupakan material komposit yang terdiri dari dua bahan baku utama yaitu magnesium oksida (MgO) dan silika (SiO₂) yang berbentuk bubuk putih, tidak berbau, tidak larut dalam air, tidak mudah terbakar dan tidak mudah meledak. Magnesium silikat memiliki rumus kimia Mg₃(Si₄O₁₀)(OH)₂. Karakteristik utama magnesium silikat adalah

permukaannya bersifat hidrofobik dan pinggiran yang bersifat hidrofilik. Permukaan magnesium silikat yang hidrofobik mempunyai daya tarik dengan bahan organik, sedangkan pinggiran magnesium silikat yang hidrofilik dapat dengan mudah menyerap air.

Kelebihan menggunakan pemurnian *dry whasing* adalah waktu yang dibutuhkan lebih singkat, lebih ramah lingkungan, kualitas biodiesel yang dihasilkan lebih baik dan Adsorben yang digunakan dapat digunakan kembali sebagai sumber bahan bakar ataupun dapat diregenerasi untuk digunakan pada proses pemurnian selanjutnya. Selain memiliki kelebihan, pemurnian *dry whasing* menggunakan magnesium silikat juga memiliki kelemahan yaitu cukup sulit untuk mendapatkan magnesium silikat dan harganya cukup mahal.

2.7 Persyaratan Kualitas Biodiesel

Biodiesel bisa digunakan apabila sudah memenuhi persyaratan, ada beberapa persyaratan yang ditetapkan oleh pemerintah salah satunya yaitu SNI No. 04-7182-2012 yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) No. 73/KEP/BSN/2/2012.

Tabel 2.2 Syarat Mutu Biodiesel

Parameter dan Satuannya	Batas Nilai	Metode Uji
Massa jenis pada 40°C kg/m ³	850-890	ASTM D 1298
Viskositas Kinematik pada 40°C, mm ² /s	2,3-6,0	ASTM D 445
Angka setana	Minimal 51	ASTM D 613
Titik nyala, °C	Minimal 100	ASTM D 93
Angka asam, mg-KOH/g	Maksimal 0,8	FBI-A01-03
Angka iodium, %-b	Maksimal.115	FBI-A04-03

Sumber: BSNI (2012)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

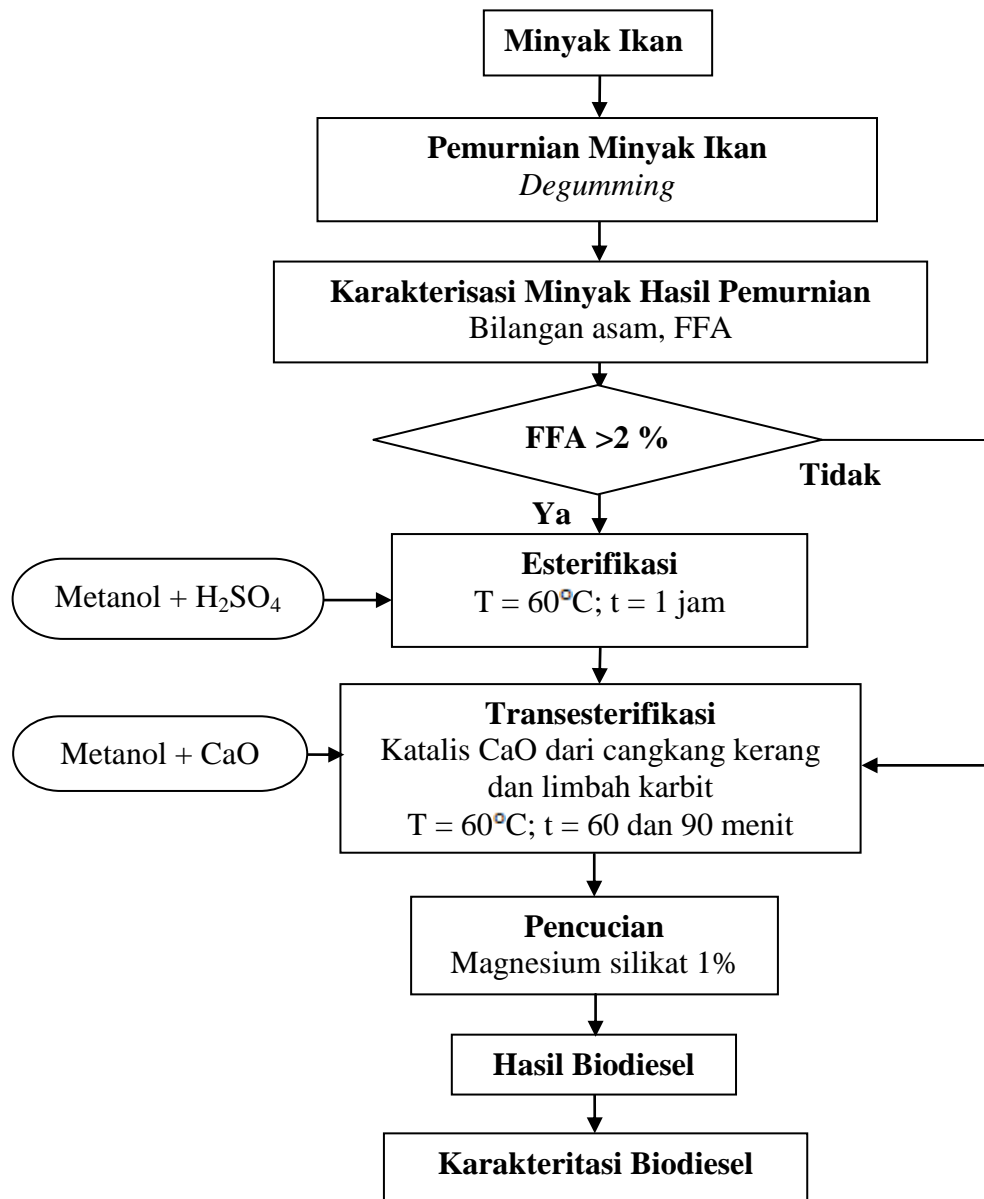
Penelitian ini berlangsung selama 5 bulan dari Januari 2017 sampai dengan Mei 2017. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Jember.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Hot Plate Magnetic Stirrer*, kertas saring, gelas ukur, corong pemisah, alumunium foil, gelas ukur, oven, tanur, wadah plastik, saringan 200 *mesh*, *beaker glass*, gelas erlenmeyer, thermometer, piknometer, timbangan analitik, statif dan buret. Sedangkan bahan yang digunakan adalah limbah minyak ikan dari pabrik pengolahan ikan yang berada di Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi, magnesium silikat, etanol 97%, metanol 100%, cangkang kerang bulu, limbah las karbit, NaOH, indikator pp, H₂SO₄ dan aquades.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilakukan meliputi penelitian pendahuluan dan penelitian utama yang disajikan dalam bentuk diagram alir :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Penelitian Pendahuluan

a. Pemurnian Minyak Ikan

Minyak ikan dilakukan pemurnian melalui proses *degumming*. Proses degumming bertujuan untuk memisahkan kotoran yang terdapat pada minyak ikan. Proses ini, menggunakan air 1:1 v/v bersuhu 60°C yang dicampurkan pada minyak ikan bersuhu 80°C dan dimasukkan ke dalam corong pemisah. Setelah

terbentuk tiga lapisan yaitu minyak, gum, dan air, maka kemudian air dan gum di keluarkan dari corong pemisah. Minyak ditambahkan air lagi bersuhu 60°C, dan tahap ini dihentikan sampai pH dari air pemisah menjadi netral atau air berwarna bening.

b. Karakteristik Minyak Ikan

1). Kadar FFA

Pengukuran kadar FFA sesuai standar SNI 01-3555-1998 yaitu dengan cara mengambil etanol 97% sebanyak 9 ml yang dicampur dengan 2 gram sampel minyak. Campuran dipanaskan pada suhu 45 °C dan tambahkan 5 tetes indikator pp. Kemudian dititrasi menggunakan NaOH 0,1 N hingga warna ungu sampai bertahan 30 detik. Data yang diperoleh kemudian dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$\text{FFA} = \frac{\text{Volume Naoh (ml)} \times N \times 204,969 \text{ gr/mol}}{10 \times \text{Berat Sampel}} \dots\dots\dots 3.2$$

2). Bilangan Asam

Pengukuran kadar bilangan sesuai standar SNI 04-7182-2012 yaitu dengan cara mengambil etanol sebanyak 9 ml yang dicampur dengan 2 gram sampel minyak. Campuran dipanaskan pada suhu 45 °C dan tambahkan 5 tetes indikator pp. Kemudian dititrasi menggunakan KOH 0,1 N hingga warna ungu sampai bertahan 30 detik. Data yang diperoleh kemudian dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{56,1 \times N \times \text{Volume KOH (ml)}}{\text{berat sampel}} \dots\dots\dots 3.3$$

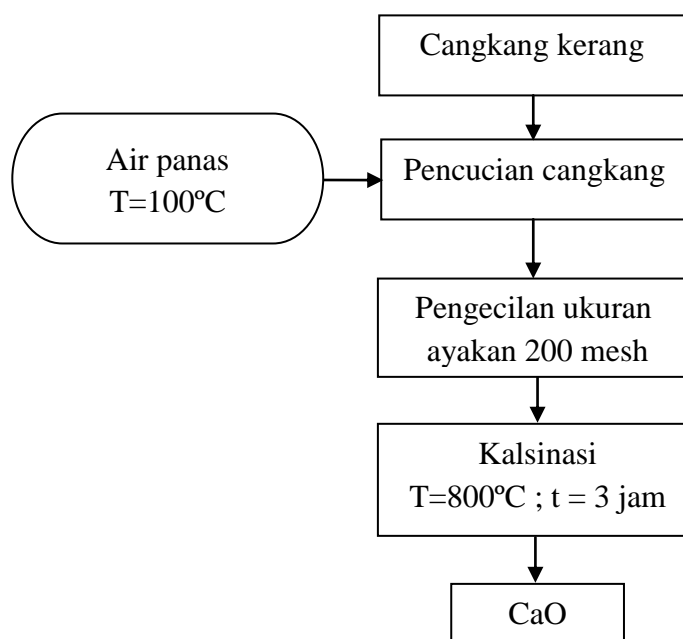
c. Preparasi Katalis Cangkang Kerang Bulu

Proses preparasi dilakukan dengan membersihkan cangkang kerang bulu dengan menggunakan air panas 100°C untuk menghilangkan protein, bulu dan lumpur yang tersisa didalam cangkang kerang bulu. Selanjutnya cangkang yang

sudah bersih dikeringkan dibawah sinar matahari sampai kering dan dilakukan pengecilan cangkang dengan proses penghalusan hingga lolos ayakan 200 *mesh*.

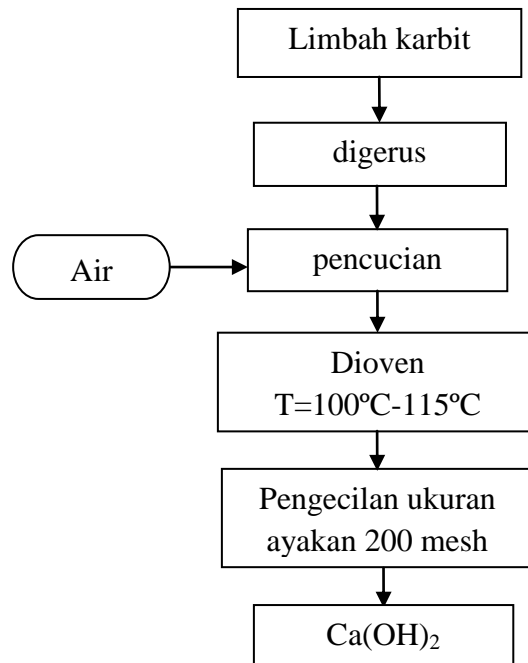
Cangkang kerang bulu yang sudah halus, kemudian dioven pada suhu 110°C-130°C untuk menguapkan kandungan air dalam bahan. Selanjutnya cangkang kerang bulu dikalsinasi menggunakan tanur (*furnace*), maka pada proses ini cangkang kerang bulu mengalami dekomposisi termal melalui suhu diatas 700°C karena CaCO_3 terdekomposisi menjadi CaO pada suhu 700°C-1000°C. Pada penelitian yang dilakukan Arita (2014) bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi maka dekomposisi cangkang kerang menjadi CaO semakin baik.

Diagram proses pembuatan katalis dengan menggunakan cangkang kerang bulu sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram Proses Pembuatan Katalis Cangkang Kerang Bulu

d. Pretreatment Limbah Las Karbit



Gambar 3.3 Diagram *Pretreatment* Limbah Karbit

Limbah karbit yang diperoleh dari bengkel pengelasan di Kecamatan Besuki, Situbondo digerus menjadi padatan kecil dan dicuci menggunakan air untuk menghilangkan abu yang ada pada limbah karbit. Pada proses selanjutnya limbah karbit di oven pada suhu 100°C-115°C untuk menghilangkan kandungan air setelah pencucian. Setelah limbah karbit di oven kemudian diayak menggunakan ayakan 200 *mesh*.

e. Penentuan Variabel Jumlah Katalis dan Lama Pengadukan Pada Proses Transesterifikasi

Jumlah katalis CaO yang akan digunakan pada proses transesterifikasi pada penelitian ini mengacu pada penelitian yang sudah dilakukan oleh Arita,dkk (2014) dan Nurhayati (2014). Penelitian yang dilakukan oleh Arita,dkk (2014) menyatakan bahwa rendemen tertinggi pada pembuatan biodiesel menggunakan katalis CaO dari cangkang kerang dara sebanyak 1,2 gr. Menurut penelitian

Nurhayati (2014) biodiesel dengan penambahan katalis CaO dari cangkang kerang dara sebanyak 4% w/v menghasilkan rendemen tertinggi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arita,dkk (2014) dan Nurhayati (2014) maka pada penelitian pendahuluan ini menggunakan 4 variasi perbandingan katalis yaitu 1%, 3%, 5%, dan 7% w/v minyak. Dengan penambahan limbah karbit (Ca(OH)_2) sebanyak 2% untuk menambah kebasahan katalis sehingga mendapatkan rendemen yang tinggi. Pada penelitian pendahuluan ini menggunakan waktu reaksi transesterifikasi 90 menit dengan taraf kecepatan pengadukan 600 rpm.

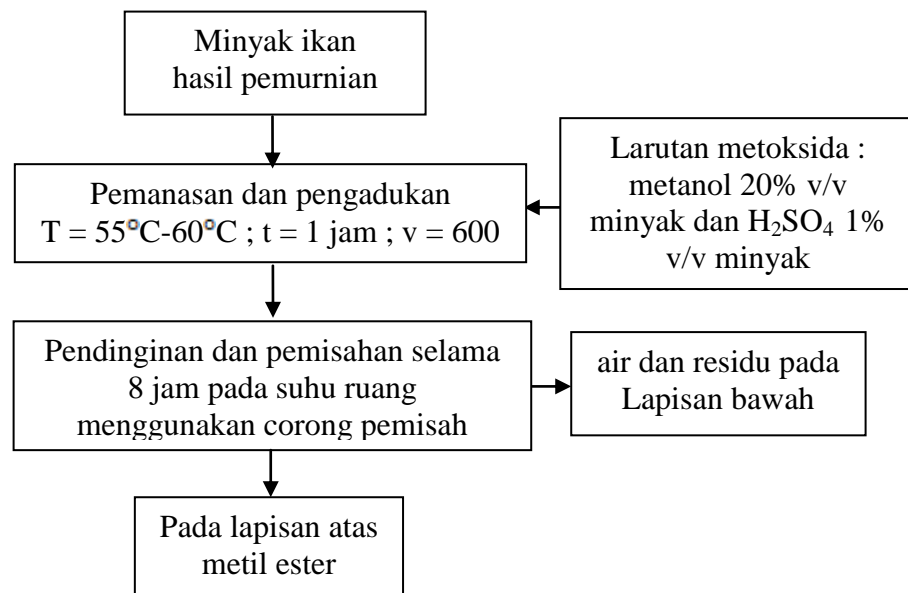
3.3.2 Penelitian Utama

Jumlah katalis CaO yang akan digunakan pada proses transesterifikasi pada penelitian ini mengacu pada penelitian pendahuluan yang sudah dilakukan. Sedangkan kecepatan pengadukan pada proses transesterifikasi 600 rpm dengan waktu yang ditentukan dengan taraf 60 menit dan 90 menit.

Langkah selanjutnya proses pembuatan biodiesel dengan menggunakan 3 proses tahapan yaitu proses esterifikasi, transesterifikasi dan pemurnian biodiesel. Reaksi esterifikasi dilakukan untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas (FFA) pada minyak ikan dengan menggunakan etanol dengan katalis asam sulfat. Jika asam lemak bebas ($>2\%$) reaksi penyabunan akan terjadi. Selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi yang bertujuan untuk mengkonversi minyak menjadi metil ester menggunakan metanol dan campuran CaO dengan (Ca(OH)_2). Biodiesel yang dihasilkan dilanjutkan dengan pemurnian untuk membersihkan dari gliserol dan katalis yang tidak ikut bereaksi menggunakan magnesium silikat. Kemudian produk biodiesel yang sudah murni diuji dengan menggunakan parameter yang dipakai untuk mengetahui karakteristik biodiesel sesuai SNI-04-7182-2012.

a. Reaksi Esterifikasi

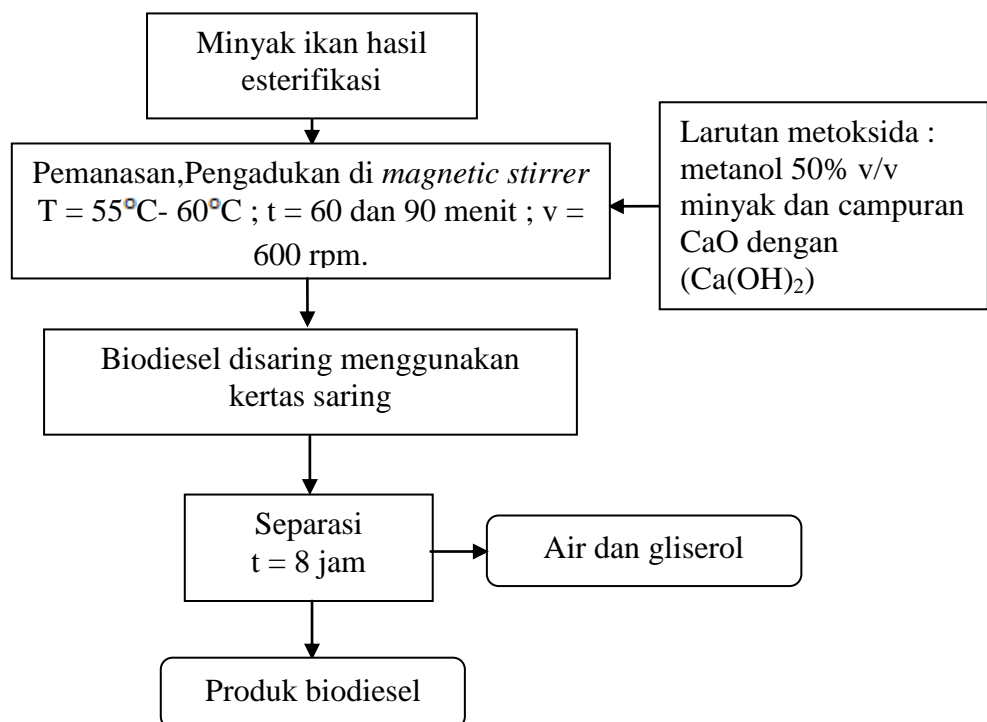
Proses esterifikasi dilakukan dengan memanaskan dan mengaduk minyak ikan hasil pemurnian sebanyak 200 ml ke dalam gelas beker hingga mencapai suhu 55°C - 60°C serta dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 600 rpm. Kemudian memasukkan larutan metoksida dari campuran metanol sebanyak 20% v/v minyak dengan asam sulfat sebanyak 1% v/v minyak, tanpa menghentikan pengadukan serta menjaga suhu campuran larutan metoksida dan minyak pada 55°C - 60°C selama 1 jam. Setelah waktu reaksi tercapai, proses esterifikasi dapat dihentikan, campuran dituang ke dalam corong pemisah dan dibiarkan sampai terjadi pemisahan selama 8 jam pada suhu ruang sehingga akan membentuk 2 lapisan yaitu pada lapisan atas metil ester dan lapisan bawah air residu. Pada lapisan atas atau metil ester yang dihasilkan selanjutnya diambil untuk dilakukan proses transesterifikasi. Pada reaksi esterifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.4 Diagram Alir Reaksi Esterifikasi

b. Reaksi Transesterifikasi

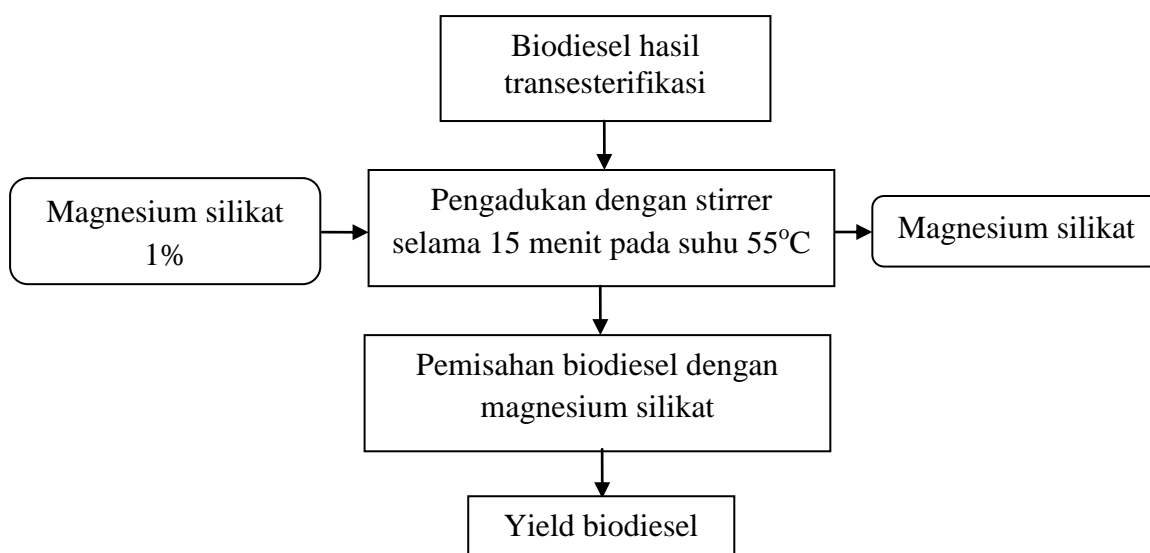
Proses transesterifikasi dilakukan menggunakan minyak ikan hasil esterifikasi yang dipanaskan pada suhu 55°C - 60°C di dalam gelas beker serta diaduk pada kecepatan 600 rpm menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian masukkan campuran larutan metoksida (metanol 50% v/v dan campuran CaO dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (yang divariasikan 1%, 2%, 3%, dan 4% b/v) pada minyak yang tanpa menghentikan pengadukan. Lama pengadukan yang divariasikan 60 menit dan 90 menit. Setelah waktu tercapai, campuran minyak dan katalis dipisahkan menggunakan kertas saring. Biodiesel yang dihasilkan kemudian diambil untuk dipisahkan dari gliserol menggunakan corong pemisah selama 8 jam. Proses reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3.5 Diagram Alir Reaksi Transesterifikasi

c. Metode Pemurnian Biodiesel

Pemurnian biodiesel dilakukan bertujuan untuk menghilangkan kandungan gliserol, air, sabun, alkohol serta katalis yang tidak bereaksi selama proses. Pada penelitian ini menggunakan metode *dry whasing* dengan menggunakan adsorben magnesium silikat. Konsentrasi penggunaan magnesium silikat mengacu pada penelitian yang dilakukan Arifin (2016) dan Darmawan (2013). Penelitian yang dilakukan oleh Arifin (2016) menyatakan bahwa rendemen tertinggi pada proses pembuatan biodiesel menggunakan minyak jelantah dengan metode pencucian *dry washing* sebesar 63% dengan penggunaan adsorben magnesium silikat 1%. Sedangkan menurut Darmawan (2013) penggunaan prosentase magnesium silikat 1% dari berat biodiesel minyak jelantah hasil proses pencucian *dry washing* adalah yang paling baik dari segi karakteristik. Jadi pada penelitian ini menggunakan konsentrasi magnesium silikat sebesar 1% dari volume biodiesel dengan waktu 15 menit dan suhu 55°C. Proses pemurnian biodiesel dengan menggunakan metode *dry whasing* dapat dilihat pada Gambar 3.7



Gambar 3.6 Diagram Alir Proses *Dry Washing*

Biodiesel hasil transesterifikasi di masukkan ke dalam *beaker glass* dan diletakkan di atas stirrer dengan ditambahkan magnesium silikat 1% dari volume biodiesel. Kemudian di aduk dengan menggunakan *stirrer* selama 15 menit pada

suhu 55°C . Selanjutnya adsorben dengan biodiesel dipisah dengan menggunakan kertas saring.

Menurut (Akbar, 2012 *dalam* syarif, 2016) setelah proses pemurnian dilakukan proses evaporasi terhadap biodiesel yang bertujuan untuk menguapkan air dan metanol yang tidak ikut bereaksi. Evaporasi dilakukan dengan memanaskan biodiesel 115°C, pemanasan dihentikan pada saat tidak terdapat gelembung pada biodiesel.

3.3.3 Analisis Karakteristik Biodiesel

Analisis karakteristik biodiesel yang dihasilkan bertujuan untuk mengetahui rendemen (*yield*) biodiesel dan kualitas biodiesel berdasarkan SNI-04-7182-2012. Sifat-sifat biodiesel yang diuji diantaranya viskositas kinematik, massa jenis, bilangan iod, bilangan penyabunan, angka setana, nilai kalor, titik nyala dan bilangan asam.

3.4 Analisis Data

Pada penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial dengan 2 faktor yaitu jumlah katalis (B) dan lama pengadukan (A). Jumlah katalis dinyatakan dalam 4 taraf yaitu 1% (B1), 2% (B2), 3% (B3), dan 4% (B4). Sedangkan lama pengadukan pada proses transesterifikasi dinyatakan dalam 2 taraf yaitu 60 menit (A1), dan 90 menit (A2). Selanjutnya untuk setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga total perlakuan sebanyak 24 kali. Setiap perlakuan menggunakan 200 ml minyak ikan.

Tabel 3.1 Tabel Perlakuan

Lama pengadukan (menit)	Jumlah katalis (gram)			
	1% (B1)	2% (B2)	3%(B3)	4%(B4)
60 (A1)	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4
90 (A2)	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4

Persamaan statistik dengan model matematis rancangan acak lengkap (RAL) dilakukan dengan menggunakan percobaan sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \dots\dots\dots 3.4$$

Dimana:

Y_{ijk} = Pengamatan pada suatu percobaan pada taraf konsentrasi lama pengadukan ke-i dan jumlah katalis ke-j.

μ = Mean populasi

α_i = Pengaruh lama pengadukan ke-i dari faktor A

β_j = Pengaruh jumlah katalis ke-j dari faktor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi antara konsentrasi katalis ke-i faktor A dengan lama pengadukan taraf ke-j dari faktor B.

ε_{ijk} = Pengaruh galat dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij.

Data yang diperoleh dianalisis sidik ragam (ANOVA) menggunakan uji F pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%. Hasil analisis sidik ragam dilanjutkan dengan Uji *Duncan* untuk mengetahui perbedaan perlakuan yang signifikan dengan tingkat kepercayaan 95%

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan

Sebelum melakukan penelitian utama dilakukan penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang terjadi pada produk biodiesel yang dihasilkan. Cangkang kerang bulu divariasikan 1%, 3%, 5%, dan 7% b/v minyak dengan penambahan limbah las karbit 2% b/v minyak dengan waktu reaksi transesterifikasi selama 90 menit. Selain itu, penelitian pendahuluan juga bertujuan untuk persiapan bahan, pemurnian minyak, dan preperasi katalis yang akan digunakan di penelitian utama.

4.1.1 Pemurnian Limbah Minyak Ikan

Minyak ikan didapat dari pabrik pengalengan ikan yang berada di Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi harus dilakukan pemurnian yaitu dengan cara *degummin*. Proses *degumming* dilakukan bertujuan untuk memisahkan kotoran pada minyak ikan dengan menggunakan air bersuhu 60°C. Kotoran harus dipisahkan karena menghambat proses esterifikasi-transesterifikasi yang dapat menyebabkan rendemen biodiesel menjadi rendah.

Tabel 4.1 Karakterisasi Minyak Ikan Sebelum dan Sesudah Pemurnian

Parameter	Minyak Ikan Sebelum Pemurnian	Minyak Ikan Setelah Pemurnian
Densitas (kg/m^3)	913,254	910,120
Bilangan asam (mg KOH/gr)	21,38	19,28
FFA (%)	12,55	8,45

Densitas pada minyak Ikan sebelum dan sesudah pemurnian mengalami penurunan sebesar $3,235 \text{ kg/m}^3$ hal ini berhubungan viskositas, semakin kecil viskositas maka densitas akan kecil. Sedangkan penurunan viskositas disebabkan oleh penambahan air pada proses *degumming*. (Syarif, 2016)

Tingginya bilangan asam sebelum pemurnian disebabkan oleh proses hidrolisa enzim dan oksidasi selama pengolahan dan penyimpanan yang dapat mengakibatkan turunnya mutu minyak seperti meningkatnya kandungan asam lemak bebas pada minyak (Defandi, 2015).

4.1.2 Preparasi Cangkang Kerang Bulu

Cangkang kerang bulu didapat dari pinggir pantai daerah Pesisir Besuki, Situbondo. Cangkang kerang bulu dibersihkan dengan menggunakan air panas 100°C untuk menghilangkan protein, bulu dan lumpur yang tersisa didalam cangkang kerang bulu. Selanjutnya cangkang kerang bulu yang sudah bersih dikeringkan dibawah sinar matahari sampai kering dan dihaluskan menggunakan tumbukan kopi sampai lolos 200 mesh.

Cangkang kerang bulu yang sudah halus, kemudian dioven pada suhu 110°C-130°C untuk menguapkan kandungan air. Selanjutnya cangkang kerang bulu dikalsinasi menggunakan tanur (*furnace*), maka pada proses ini cangkang kerang bulu mengalami dekomposisi termal melalui suhu diatas 700°C karena CaCO_3 terdekomposisi menjadi CaO pada suhu 700°C-1000°C.

4.1.3 Reaksi Esterifikasi

Reaksi esterifikasi adalah reaksi yang digunakan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas pada minyak ikan dan untuk meningkatkan rendemen biodiesel. Reaksi ini menggunakan metanol yang direaksikan dengan katalisator asam homogen yaitu asam sulfat (H_2SO_4) sesuai dengan acuan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Astutik, 2014) dengan konsentrasi 20% v/v sampel minyak. Sedangkan besarnya konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) yang digunakan adalah 1% v/v sampel minyak. Kedua bahan direaksikan, sehingga menjadi larutan metoksida dan kemudian di tuangkan kedalam sampel minyak 200 ml. Proses esterifikasi dilakukan selama 60 menit dengan menjaga suhu antara 55°C – 60°C. Saat waktu proses tercapai, produk dimasukkan ke dalam corong pemisah dan akan membentuk dua lapisan setelah 8 jam. Kemudian metil ester yang akan digunakan untuk bahan baku dalam proses transesterifikasi berada pada lapisan atas sedangkan lapisan bawah gliserol dan air.

4.1.4 Reaksi Transesterifikasi

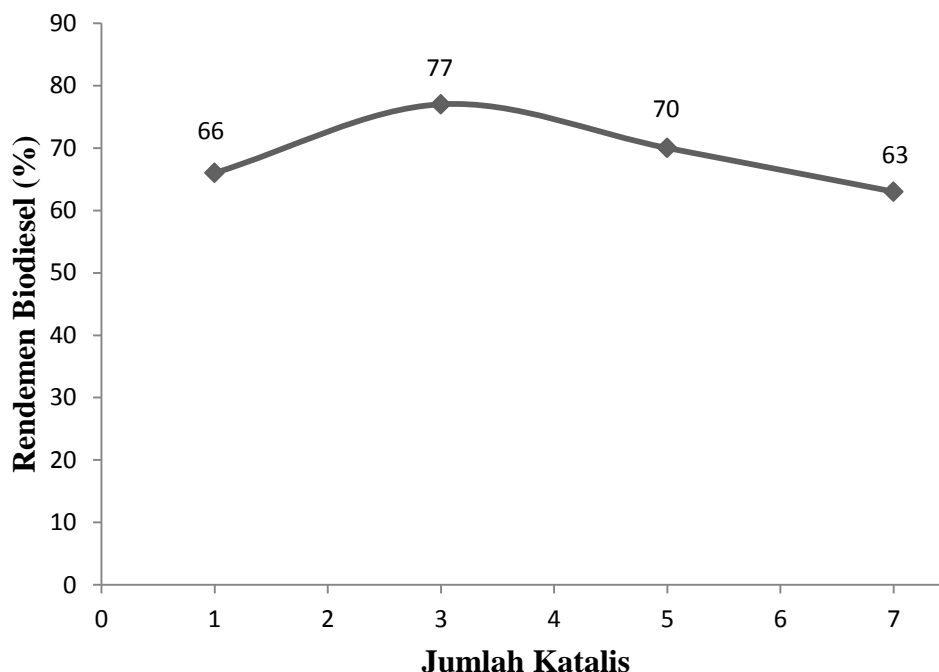
Reaksi transesterifikasi dilakukan setelah reaksi esterifikasi, yang bertujuan untuk mengkonversi trigliserida menjadi alkil ester (biodiesel). Minyak Ikan yang sudah dilakukan reaksi esterifikasi selanjutnya dilakukan reaksi transesterifikasi menggunakan metanol sebanyak 50% v/v minyak dengan bantuan katalis cangkang kerang bulu yang ditambahkan dengan limbah las karbit dengan waktu reaksi selama 90 menit. Suhu reaksi dijaga konstan pada 55-60°C dan kecepatan pengadukan 600 rpm. Kelebihan dari katalis basa heterogen ini yaitu mudah dipisahkan dari produk dengan cara disaring menggunakan kertas saring halus. Setelah disaring, biodiesel hasil transesterifikasi dimasukkan ke dalam corong pemisah untuk memisahkan biodiesel dengan gliserol.

4.1.5 Pemurnian Biodiesel

Pemurnian dilakukan sebagai proses terakhir dalam pembuatan biodiesel, dimana proses pemurnian ini sangat mempengaruhi kualitas biodiesel yang dihasilkan. Proses pemurnian ini berfungsi untuk mengikat kandungan air dan metanol yang tidak tereaksi (Wisesa, 2015). Pada penelitian ini menggunakan metode pemurnian kering (*dry washing*) yaitu menggunakan magnesium silikat. Pada penelitian pendahuluan dilakukan pemurnian dengan konsentrasi adsorben 1% w/v, dengan suhu 55°C selama 15 menit. Selanjutnya adsorben dipisahkan dengan menggunakan kertas saring halus dan kemudian dipanaskan pada suhu 115°C.

4.1.6 Penentuan Jumlah Katalis Pada Penelitian Utama

Jumlah katalis pada penelitian utama ditentukan berdasarkan penelitian pendahuluan. Pada penelitian pendahuluan jumlah katalis pada reaksi transesterifikasi dilakukan pada variasi 1%, 3%, 5% dan 7% dengan waktu reaksi selama 90 menit. Rendemen yang dihasilkan pada penelitian pendahuluan nantinya sebagai acuan pada penelitian utama. Berikut grafik rendemen hasil penelitian pendahuluan:



Gambar 4.1 Grafik Rendemen Penelitian Pendahuluan

Pada gambar 4.1 diketahui bahwa rendemen tertinggi 77% pada jumlah katalis cangkang kerang bulu 3% yang ditambah limbah las karbit sebanyak 2%. Sedangkan rendemen terendah diperoleh dari jumlah katalis cangkang kerang bulu 7% yang ditambah limbah las karbit sebanyak 2% menghasilkan rendemen sebesar 63%. Untuk katalis cangkang kerang bulu 1% dan 5% dengan penambahan limbah las karbit 2% menghasilkan rendemen 66% dan 70%.

Berdasarkan hasil tersebut, maka ditentukan taraf dari faktor penggunaan katalis CaO cangkang kerang bulu sebagai katalis transesterifikasi adalah sebanyak 1%, 2%, 3% dan 4% dengan penambahan limbah las karbit sebanyak 2%, penentuan ini berdasarkan rendemen yang diperoleh pada penelitian pendahuluan, karena pada jumlah katalis 5% rendemen biodiesel sudah menurun. Sedangkan taraf dari faktor pengalinya adalah lama waktu transesterifikasi yang ditentukan selama 60 menit dan 90 menit.

4.2 Penelitian Utama

Penelitian utama pada proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan setelah hasil dari penelitian pendahuluan diketahui dimana hasil tersebut dijadikan sebagai acuan untuk menentukan beberapa perlakuan baik dari segi konsentrasi katalis maupun dari segi tahapan reaksinya (esterifikasi atau transesterifikasi). Reaksi esterifikasi dilakukan ketika kandungan asam lemak bebas FFA pada minyak ikan $> 2\%$ sedangkan reaksi transesterifikasi dapat dilakukan apabila kandungannya $\leq 2\%$.

Penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa kadar asam lemak bebas (FFA) pada sampel Minyak Ikan sebesar 8,45% tingginya nilai tersebut perlu dilakukan proses reaksi esterifikasi

4.2.1 Reaksi Esterifikasi

Reaksi esterifikasi adalah reaksi awal sebelum dilakukan reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel. Reaksi esterifikasi berfungsi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas pada minyak ikan. Dikarenakan kandungan asam lemak bebas pada minyak ikan yang digunakan lebih dari 2% maka minyak ikan perlu dilakukan proses reaksi esterifikasi. Jika kadar asam lemak bebas tinggi dapat menyebabkan rendemen biodiesel menjadi kecil. Proses reaksi esterifikasi dilakukan dengan memanaskan sampel minyak ikan sebanyak 200 ml pada suhu 55°C . selanjutnya campurkan larutan metoksida yang terdiri dari 50% methanol v/v minyak dan 1% asam sulfat (H_2SO_4) v/v minyak yang disertai dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 600 rpm selama 60 menit dengan menjaga suhu tetap konstan dengan rentang $55\text{--}65^{\circ}\text{C}$. Pada saat waktu reaksi tercapai, tuangkan biodiesel kedalam corong pemisah selama 8 jam untuk memisahkan biodiesel dan gliserol.



Gambar 4.2 Hasil Reaksi Esterifikasi

Setelah dilakukan reaksi esterifikasi, kandungan asam lemak bebas limbah minyak ikan setelah pemurnian sebesar 8,45% turun menjadi 1,5%. Apabila Asam lemak bebas minyak ikan yang terlalu tinggi tidak diturunkan dengan cara melalui reaksi esterifikasi, maka reaksi transesterifikasi akan terbentuk banyak emulsi sabun sebagai hasil samping reaksi dan menurunkan rendemen biodiesel. Kondisi ini akan mempersulit tahap pemurnian biodiesel dan mempengaruhi kualitas produk biodiesel yang dihasilkan (Kurniasih, 2012).

4.2.2 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi trigliserida dengan alkohol (methanol) menggunakan katalis CaO untuk mempercepat reaksi. Pada saat reaksi transesterifikasi, untuk mendapatkan rendemen yang tinggi dan reaksi berjalan dengan baik asam lemak bebas harus kurang dari 2% hasil produk reaksi ini merupakan metil ester (biodiesel) dan gliserol.

Reaksi transesterifikasi pada limbah minyak Ikan dilakukan menggunakan metanol. Metanol yang ditambahkan pada reaksi ini sebanyak 50% v/v minyak. Reaksi transesterifikasi cenderung sangat lambat, untuk mempercepat reaksi ini digunakanlah katalis CaO cangkang kerang bulu yang ditambahkan dengan limbah las karbit. Reaksi transesterifikasi dengan memanaskan hasil esterifikasi hingga suhu 60°C pada *beaker glass*, selanjutnya masukkan larutan metoksida yang terdiri dari methanol 50% v/v minyak dan katalis basa heterogen (CaO cangkang kerang bulu) yang divariasikan 1%, 2%, 3%, dan 4% b/v minyak,

dengan penambahan limbah las karbit sebanyak 2% b/v minyak yang berfungsi untuk menambah sifat basa pada katalis dengan disertai pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 600 rpm dengan menjaga suhu tetap konstan antara 55-60°C. Dengan waktu reaksi yang divariasikan 60 dan 90 menit.



Proses Pemisahan Sisa Katalis



Proses Pemisahan gliserol

Gambar 4.3 Hasil Reaksi Transesterifikasi

Setelah proses transesterifikasi mencapai batas waktunya, selanjutnya dilakukan proses penyaringan menggunakan kertas saring halus yang bertujuan untuk memisahkan katalis yang tidak ikut bereaksi saat proses transesterifikasi, kemudian biodiesel yang sudah disaring dipanaskan pada suhu 70°C untuk menguapkan alkohol yang tidak ikut bereaksi. Selanjutnya biodiesel yang sudah dipanaskan dimasukkan ke corong pemisah selama ± 8 jam untuk memisahkan biodiesel dan gliserol, biodiesel hasil reaksi transesterifikasi berada dibagian atas sedangkan pada bagian bawah produk samping yaitu gliserol.

4.2.3 Pemurnian Biodiesel

Biodiesel dari hasil reaksi transesterifikasi kemudian dimurnikan dengan cara pemurnian kering (*dry washing*). Pemurnian biodiesel dengan menggunakan metode *dry washing* memiliki beberapa keuntungan atau kelebihan dibandingkan dengan metode *water washing* diantaranya adalah kualitas biodiesel lebih bagus, waktu pencucian lebih singkat, tidak banyak membutuhkan air dan absorben dapat

digunakan kembali. Pada pemurnian ini menggunakan spesial adsorben magnesium silikat dengan cara diaduk dengan *magnetic stirrer* pada kecepatan ± 400 rpm dan suhu 55°C didalam *beaker glass*. Konsentrasi adsorben yang digunakan adalah 1%. dengan lama waktu reaksi 15 menit. Setelah waktu reaksi tercapai adsorben yang berupa padatan di pisahkan dari minyak dengan menggunakan kertas saring halus dan hasil dari pemurnian tersebut didapatkan biodiesel murni yang siap untuk dilakukan pengujian karekteristik biodiesel.



Proses Pemurnian

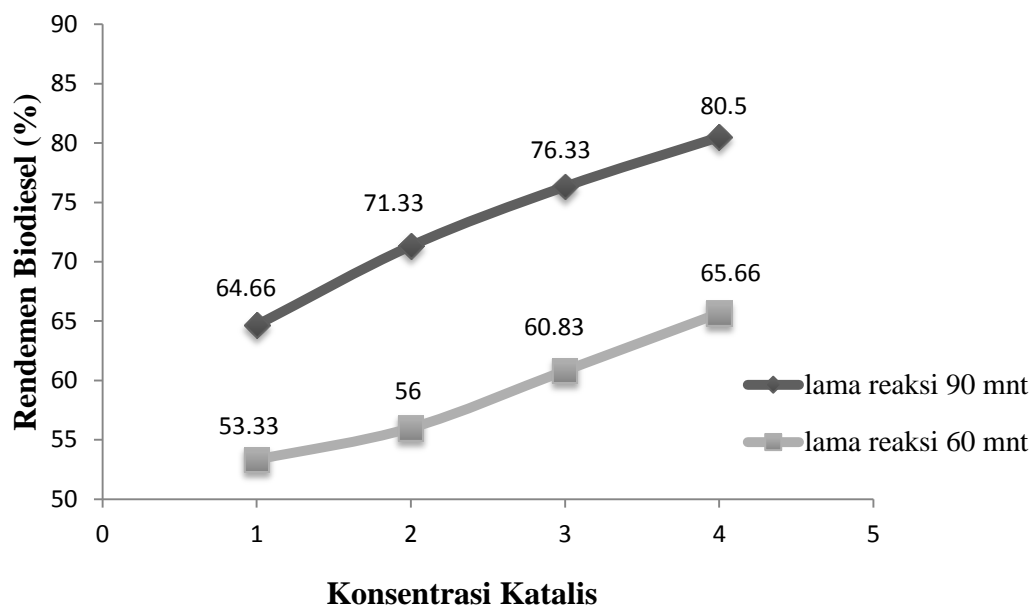


Proses Pemisahan Magnesium Silikat

Gambar 4.4 Hasil Proses Pemurnian

4.3 Rendemen Biodiesel

Hikmah dan Zuliyana (2010) mengatakan bahwa faktor yang mempengaruhi rendemen biodiesel adalah jenis alkohol, kadar asam lemak bebas, suhu, jenis katalis, lama pengadukan dan kecepatan pengadukan pada proses esterifikasi dan transesterifikasi. Pada penelitian ini menggunakan faktor lama pengadukan (A) dan konsentrasi katalis (B) pada proses reaksi transesterifikasi, yang berfungsi untuk mengetahui pengaruh terhadap rendemen biodiesel minyak Ikan. Dan pada penelitian ini hasil rendemen biodiesel dianalisis menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan pola faktorial. Pada faktor konsentrasi katalis terdiri dari 4 taraf yaitu 1% (B1), 2% (B2), 3% (B3) dan 4% (A4). Sedangkan lama pengadukan terdiri dari 2 taraf yaitu 60 menit (A1) dan 90 menit (A2). Grafik hubungan antara perlakuan lama pengadukan dan jumlah katalis disajikan pada gambar berikut:



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antar Perlakuan

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa rata-rata rendemen terbesar 80.5% dihasilkan pada jumlah katalis 4% yang ditambahkan limbah las karbit sebanyak 2% (A2B4) dengan lama pengadukan 90 menit. Sedangkan rendemen terkecil dihasilkan pada jumlah katalis 1% yang ditambahkan limbah las karbit sebanyak 2% (A1B1) dengan lama pengadukan 60 menit menghasilkan rendemen 53.33%. Semakin banyak jumlah katalis yang dicampurkan pada reaksi transesterifikasi dan semakin lama waktu reaksi maka rendemen biodiesel semakin meningkat. Hal ini disebabkan katalisator dapat meningkatkan kereaktifan zat-zat pereaksi untuk saling bertumbukan sehingga menurunkan energi aktivasi (Syarif, 2016). Terjadinya tumbukan antara reaktan dan katalis dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan pada saat reaksi transesterifikasi berlangsung. Kecepatan pengadukan berhubungan dengan homogenisasi katalis dan reaktan. Jadi semakin cepat pengadukan yang dilakukan semakin cepat terjadi campuran homogen. Namun perlu diperhatikan, pengadukan yang terlalu cepat dapat menimbulkan aliran *vortex*. *Vortex* adalah kondisi cairan yang membentuk cekungan permukaan pada bagian tengah yang disebabkan oleh adanya gaya tangensial yang menyebabkan aliran pada reaktor bersifat horizontal, sehingga

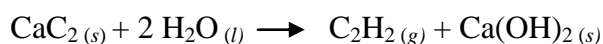
homogenisasi tidak terjadi. Oleh karena itu, kecepatan pengadukan pada penelitian ini menggunakan 600 rpm dengan mempertimbangkan viskositas dari reaktan dan meminimalisir penggunaan daya.

Penelitian ini juga membandingkan rendemen tertinggi yang dihasilkan dengan konsentrasi katalis tanpa penambahan limbah las karbit.

Tabel 4.2 perbedaan rendemen tanpa penambahan limbah las karbit dan penambahan las karbit

Konsentrasi Katalis	Pengulangan	Rendemen rata-rata
4% dengan penambahan limbah las karbit 2%	79,5	80,5
	81	
	81	
4% tanpa penambahan limbah las karbit	59	61,17
	61,5	
	63	

Berdasarkan Tabel 4.2 Dapat dilihat bahwa dengan penambahan limbah las karbit dapat meningkatkan rendemen biodiesel karena limbah las karbit memiliki pH lebih besar dari 12 (Sun *et al*, 2015) dan jika direaksikan dengan air akan menghasilkan reaksi seperti berikut:



Gambar 4.6 Reaksi Karbit dan Air

Berdasarkan persamaan reaksi diatas, diketahui bahwa untuk mendapatkan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) diperlukan air berlebih untuk mereaksikan karbit. Jadi kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) inilah yang dimanfaatkan untuk menambahkan sifat basa pada katalis cangkang kerang bulu sehingga katalis yang digunakan pada penelitian ini bersifat superbasa. Tetapi juga perlu diingat semakin basa suatu katalis akan menyebabkan emulsi yang berlebih dan membuat rendemen biodiesel menurun, terbukti pada penelitian pendahuluan pada konsentrasi katalis sebesar 5% yang ditambah limbah las karbit sebesar 2% mengalami penurunan.

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis sidik ragam (ANOVA) menggunakan uji F pada tingkat kepercayaan 95 % dan 99%. Berikut hasil analisis sidik ragam rendemen biodiesel:

Tabel 4.3 *Analysis of Variance* (ANOVA)

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F_{hitung}	F Tabel		Notasi
					0.05%	0.01%	
Perlakuan	7	1903.33					
Waktu (A)	1	1218.38	1218.38	1499.538	4.49	8.53	**
Katalis (B)	3	667.583	222.528	273.88	3.24	5.29	**
Interaksi (AB)	3	17.375	5.79167	7.128205	3.24	5.29	**
Galat	16	13	0.8125				
Total	23	1916.33					

Keterangan : * = berbeda nyata pada taraf 95%

** = berbeda sangat nyata pada taraf 99%

Berdasarkan hasil pengujian sidik ragam pada Tabel 4.3 terlihat bahwa interaksi lama waktu pengadukan (A) dan konsentrasi katalis (B) yang dilakukan memberikan pengaruh perbedaan yang sangat nyata (99%) terhadap rendemen biodiesel, sehingga perlu dilakukan pengujian lebih lanjut menggunakan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*). Langkah awal sebelum pengujian wilayah berganda Duncan dilakukan terlebih dahulu menentukan galat baku standar (*standard error*) dari nilai tengah pada perlakuan, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 s_{\bar{Y}} &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0.8125}{3}} \\
 &= \sqrt{0.27} \\
 &= 0.52
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menentukan nilai jarak (R) sebanyak $p-1$, nilai p merupakan jumlah perlakuan pada penelitian ini dimana $p=8$, maka (dalam contoh ini $p-1=8-1=7$), derajat bebas galat ($DB_{\text{Galat}} = 15$), nilai R diketahui berdasarkan tabel Duncan dengan taraf $p=0,05$.

Tabel 4.4 Nilai $R_p \times s_{\bar{y}}$ Berdasarkan Tabel Duncan pada Taraf 0,05%

P	2	3	4	5	6	7	8
R_p	2.998	3.144	3.235	3.297	3.343	3.376	3.402
$R_p * S_{\bar{y}}$	1.560	1.636	1.684	1.716	1.740	1.757	1.770

Hasil perhitungan Tabel diatas dijadikan sebagai nilai pembanding untuk mengetahui pengaruh hasil rendemen pada setiap perlakuan dengan menggunakan metode DMRT (*Duncan Multiple Range Test*).

Tabel 4.5 Uji DMRT Rendemen Biodiesel

Perlakuan	Rata-rata	53.33	56	60.83	64.66	65.66	71.33	76.33	80.5	Simbol
A1B1	53.33	0								A
A1B2	56	2.67*	0							B
A1B3	60.83	7.5*	4.83*	0						C
A2B1	64.66	11.33*	8.66*	3.83*	0					D
A1B4	65.66	12.33*	9.66*	4.83*	1	0				De
A2B2	71.33	18*	15.33*	10.5*	6.67*	5.67*	0			F
A2B3	76.33	23*	20.33*	15.5*	11.67*	10.67*	5*	0		G
A2B4	80.5	27.17*	24.5*	19.67*	15.84*	14.84*	9.17*	4.17*	0	H

Berdasarkan uji DMRT pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa hasil uji lanjut Duncan ini juga menunjukkan tidak ada perbedaan nyata terhadap perlakuan A2B1 (lama pengadukan 90 menit dan jumlah katalis limbah karbit 1%) dan A1B4 (lama pengadukan 60 menit dan jumlah katalis 4%). Pengambilan keputusan berdasarkan uji lanjut adalah pada perlakuan A2B4 karena pengaruh

jumlah katalis dan waktu berpengaruh nyata terhadap rendemen biodiesel. Semakin lama waktu pengadukan yang dilakukan dan semakin tinggi konsentrasi katalis yang ditambahkan maka rendemen biodiesel semakin tinggi.

4.4 Karakterisasi Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin diesel, karena mesin diesel memiliki kriteria dan karakteristik bahan bakar tersendiri yang harus dipenuhi supaya bahan bakar yang digunakan tidak merusak mesin, sehingga biodiesel yang dihasilkan harus memiliki standar karakteristik yang dikeluarkan Badan Standarisasi Nasional (BSNI) supaya biodiesel dianggap layak untuk digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar. Untuk itu biodiesel yang dihasilkan dari rendemen tertinggi yaitu pada lama pengadukan 90 menit dan konsentrasi katalis 4% dengan penambahan limbah las karbit dilakukan pengujian dengan berbagai parameter uji. Parameter yang dilakukan adalah viskositas, massa jenis, bilangan iod, bilangan penyabunan, angka setana, nilai kalor, titik nyala (*flash point*), angka asam, dan nilai HHV. Berikut hasil pengujian biodiesel:

4.4.1 Viskositas

Victari (2011), Viskositas merupakan suatu angka yang menyatakan besarnya hambatan dari suatu cairan untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan gesek dari cairan. Semakin tinggi nilai viskositas maka biodiesel yang dihasilkan akan semakin kental sehingga kemampuan mengalir biodiesel kecil (Tohari, 2015). Syarif (2016), mengatakan bahwa jika suatu biodiesel memiliki nilai viskositas yang tinggi akan menyebabkan sulit terjadi pengkabutan jika digunakan pada mesin diesel. Pada dasarnya suatu bahan bakar harus mempunyai nilai viskositas yang relatif rendah agar mudah mengalir dan teratomisasi, tetapi juga harus diingat bahwa bahan bakar yang memiliki viskositas terlalu rendah akan memberikan pelumasan yang buruk dan mengakibatkan kebocoran pada pompa (Tohari, 2015). Tetapi jika suatu biodiesel memiliki viskositas yang tinggi akan merakibat pada proses pembakaran yang tidak sempurna karena bahan bakar lambat mengalir dan lebih sulit teratomisasi (Aini, 2013).

Viskositas biodiesel minyak Ikan sebesar 5,62 cSt sehingga biodiesel dari minyak Ikan memenuhi standar SNI-2012. Tingginya viskositas biodiesel dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu terdapat trigliserida yang tidak bereaksi dengan metanol (Hendra, 2014).

4.4.2 Densitas

Pengukuran densitas cukup penting karena berkaitan dengan pengaplikasian terhadap mesin diesel. Densitas adalah perbandingan antara massa bahan dan volume, nilai densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar dan nilai densitas juga berpengaruh pada nilai viskositas (Prihandana, 2006 *dalam* Wahyuni 2010). Semakin tinggi nilai densitas maka nilai viskositas juga akan tinggi sehingga jika diaplikasikan ke mesin diesel akan meningkatkan keausan mesin dan tingginya emisi gas buang. Densitas dapat dikurangi oleh keberadaan kontaminan berdensitas rendah seperti metanol (Manurung, 2010). Sehingga penggunaan metanol yang berlebih dapat menurunkan nilai densitas pada biodiesel yang dihasilkan.

Penelitian ini, pengujian densitas dilakukan pada biodiesel yang memiliki rendemen tertinggi dengan 3 kali pengulangan untuk mendapatkan nilai densitas rata-rata.

Tabel 4.6 Hasil Uji Densitas Biodiesel

No	Volume Pikno(ml)	Pikno		Rho (gr/ml)
		Kosong (gr)	Pikno+Biodiesel (gr)	
1	49,955	32,8	76,75	0,879791
2	49,955	32,9	76,60	0,874787
3	49,955	32,9	76,80	0,878790
Rata- rata				0,877789

Berdasarkan hasil uji densitas pada biodiesel, didapatkan nilai densitas rata-rata biodiesel minyak Ikan sebesar $(\rho) = 0,877789 \text{ g/ml}$ atau $877,789 \text{ kg/m}^3$. Nilai tersebut sudah masuk pada syarat karakteristik biodiesel berdasarkan SNI no. 04-7182-2012 dengan metode uji ASTM 1298 pada rentang $850 - 890 \text{ kg/m}^3$.

4.4.3 Bilangan Asam

Bilangan asam adalah seberapa banyak kandungan asam lemak bebas yang ada dalam biodiesel. Bilangan asam dinyatakan dalam mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak dalam 1 gram biodiesel (Syarif, 2016). Asam lemak bebas ini muncul akibat proses hidrolisis triasilgliserol yang terjadi didalam minyak (Panagan, 2011).

Bilangan asam pada biodiesel yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang diantaranya adalah katalis asam, kondisi bahan baku, dan kandungan air yang dapat menyebabkan reaksi hidrolisis pada biodiesel. Nurhayati (2014) tingginya bilangan asam pada biodiesel dapat bersifat korosif dan dapat menimbulkan kerak di injektor mesin diesel. Asam lemak dinilai sebagai penyebab salah satu masalah pada biodiesel. Karena itu biodiesel yang dihasilkan harus memenuhi standar yang ditetapkan berdasarkan SNI-2012.

Tabel 4.7 Hasil Uji Bilangan Asam

No	Sampel Biodiesel (gr)	Hasil Titration (ml)	Hasil Perhitungan (mg-KOH/gr)
1	2	0,27	0,75735
2	2	0,31	0,86955
3	2	0,26	0,7293
Rata-rata			0,7854

Berdasarkan Tabel diatas didapat nilai rata-rata bilangan asam pada biodiesel minyak Ikan sebesar $0,7854 \text{ ml-KOH/gr}$ dan telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh menetapkan SNI-2012 dengan kadar bilangan asam biodiesel maksimal $0,8 \text{ ml KOH/gr}$.

4.4.4 Titik Nyala

Titik nyala merupakan titik temperatur terendah yang menyebabkan bahan bakar dapat menyala atau terbakar ketika bereaksi dengan udara. Penentuan titik nyala ini berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar. Titik nyala yang terlalu tinggi menyebabkan mesin susah dihidupkan (Munawir, 2006) namun titik nyala yang tinggi akan memudahkan penyimpanan bahan bakar, karena minyak tidak akan mudah terbakar pada suhu ruang. Apabila titik nyala suatu bahan bakar terlalu rendah dapat menyebabkan kelambatan pada sistem penyalan mesin dan akan menyebabkan timbulnya detonasi yaitu ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ruang bakar. (Manurung, 2010).

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Motor Bakar, Universitas Brawijaya, Malang menunjukkan bahwa titik nyala dari biodiesel minyak Ikan sebesar 196°C. Nilai tersebut telah memenuhi standart SNI-2012 tentang biodiesel yaitu angka minimum titik nyala sebesar 100°C, angka tersebut dipilih untuk mengeliminasi kontaminasi methanol akibat proses konversi minyak nabati yang tidak sempurna.

4.4.5 Bilangan Iod

Angka iod, menandakan jumlah ikatan rangkap didalam asam lemak penyusun biodiesel. Rantai rangkap dalam biodiesel menunjukkan indikator asam lemak tidak jenuh (Nurhayati, 2014). Dapat diartikan bahwa semakin tinggi bilangan iod yang berada di biodiesel maka semakin banyak lemak tidak jenuh pada biodiesel (Widyawati, 2007). Tingginya lemak tidak jenuh dalam biodiesel dapat mempengaruhi performa pada mesin diesel disuhu yang rendah karena lemak tidak jenuh memiliki titik leleh yang rendah. Selain itu tingginya lemak tidak jenuh akan kemungkinan terjadi pembentukan asam lemak bebas yang akan menimbulkan korosif pada mesin diesel. Selain itu, Setiawati (2012) mengatakan bahwa meningkatnya asam lemak tidak jenuh dapat menurunkan indeks setana.

Penentuan bilangan iod biodiesel menggunakan metode von hubl yaitu dengan cara melarutkan iodium dalam etanol dan merkuri klorida dalam etanol yang diujikan pada Laboratorium Pangan, Politeknik Negeri Jember. Bilangan iod

pada minyak Ikan telah memenuhi standar yaitu 48,60 dari standar yang telah ditetapkan sebesar 115.

4.4.6 Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan menandakan jumlah KOH dalam miligram yang digunakan untuk menyabunkan satu gram minyak (Sulastri, 2011 *dalam* Syarif, 2016). SNI atau ASTM tidak menetapkan standar bilangan penyabunan pada biodiesel. Penentuan bilangan penyabunan pada biodiesel minyak Ikan digunakan untuk menghitung indeks setana biodiesel. Bilangan penyabunan dari biodiesel minyak Ikan sebesar 48,10.

4.4.7 Indeks Setana

Indeks setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala sendiri. Menggunakan bahan bakar mesin diesel yang mempunyai indeks setana yang tinggi, dapat mencegah terjadinya detonasi dan *knocking* karena begitu bahan bakar diinjeksikan ke dalam silinder pembakaran, bahan bakar langsung terbakar dan tidak terakumulasi (Nurhayati, 2014). Namun indeks setana yang terlalu tinggi tidak akan menambah performansi mesin. Penentuan indeks setana pada biodiesel minyak ikan menggunakan metode AOCS dengan mengacu pada persamaan dari bilangan penyabunan dan bilangan iod. Indeks setana merupakan pendekatan nilai terhadap angka setana. Indeks setana biodiesel minyak Ikan telah memenuhi standar yaitu sebesar 149,771 dari yang telah ditetapkan yaitu minimal 51. Indeks setana merupakan pendekatan nilai terhadap angka setana.

4.4.8 Nilai kalor (*Heating Value*)

Nilai kalor juga perlu dilakukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kualitas biodiesel. Nilai kalor pembakaran yaitu angka yang menyatakan jumlah energi yang dilepaskan dari proses pembakaran.

Nilai kalor ada 2 macam nilai kalor yaitu nilai kalor atas (HHV) dan nilai kalor bawah (LHV). Nilai kalor atas (HHV) adalah nilai kalor yang ditentukan pada saat kandungan air berbentuk cairan. Sedangkan LHV adalah nilai kalor yang ditentukan pada saat kandungan air berbentuk gas. Pada nilai kalor, BSNI

tidak mengeluarkan standar untuk nilai kalor atas (HHV) maupun nilai kalor bawah (LHV). Tetapi pada penelitian ini menggunakan standar Amerika yaitu USA No. 2 *Distillate* (Diesel). Nilai HHV dapat dihitung menggunakan bilangan iod dan bilangan penyabunan.

Nilai HHV berdasarkan perhitungan dari nilai angka penyabunan dan angka iod adalah 46,7289 Kj/Kg. Nilai kalor biodiesel tersebut telah memenuhi standar dari USA No.2 *Distillate* (Diesel) minimal sebesar 40 Kj/Kg.

4.4.9 Perbandingan Kualitas Biodiesel Minyak Ikan Dengan Standar Biodiesel

Biodiesel Minyak Ikan yang dihasilkan harus dibandingkan dengan standar biodiesel untuk mengetahui layak atau tidak layakannya biodiesel minyak Ikan digunakan pada mesin diesel. Standar biodiesel yang digunakan mengacu pada SNI-2012 dan untuk nilai kalor mengacu pada standar USA No.2 *Distillate* (diesel) karena BSNI tidak mengeluarkan standar pada nilai kalor.

Tabel 4.8 Perbandingan Biodiesel Minyak Ikan Dan Standar Biodiesel

Parameter	Standar Biodiesel	Biodiesel Minyak Ikan
Viskositas 40°C	2,0-6,0 cSt	5,62
Massa Jenis 40°C	860-890 kg/m ³	877,789
Titik nyala (°C)	Minimal 100°C	196°C
Angka asam (mg-KOH/g)	Maksimal 0,8	0,7854
Angka iod (gr I/100 gr minyak)	Maksimal 115	48,60
Indeks setana	Minimal 51	149,771
Nilai kalor (Mj/kg)	Minimal 40	46,7289
Bilangan Penyabunan	-	48,10

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa biodiesel minyak ikan telah memenuhi standar mutu biodiesel yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) No.73/KEP/BSN/2/2012 dalam bentuk SNI No. 04-7182-2012. Sehingga biodiesel minyak ikan dapat digunakan dalam mesin diesel.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Perlakuan terbaik yang menghasilkan rendemen tertinggi biodiesel limbah minyak Ikan sebesar 80,50% pada konsentrasi katalis CaO cangkang kerang bulu sebanyak 4% yang ditambah dengan limbah las karbit sebanyak 2%.
2. Berdasarkan hasil uji karakteristik biodiesel minyak Ikan dari rendemen tertinggi, terdapat parameter yang telah memenuhi standar SNI-2012 diantaranya viskositas 5,62 cSt, massa jenis 877,789 kg/m³, bilangan asam 0,7854 mg-KOH/gr, titik nyala 196°C, bilangan iod 428,60 gr/100gr, dan indeks setana 149,771. Selain itu nilai kalor telah memenuhi standar USA No.2 *Distillate* (Diesel) yaitu sebesar 46,7289 Kj/kg.

5.2 Saran

Maka saran yang perlu dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Perlu dilakukan kajian terhadap sisa katalis CaO cangkang kerang bulu yang ditambah limbah las karbit pada proses transesterifikasi mengingat bahwa katalis pada penelitian ini bersifat super basa sehingga katalis bisa digunakan kembali.
2. Perlu dilakukan pengujian lanjutan terhadap biodiesel minyak Ikan berdasarkan standar mutu biodiesel yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) No. 73/KEP/BSN/2/2012 dalam bentuk SNI No. 04-7182-2012.
3. Perlu dilakukan kajian terhadap sisa magnesium silikat pada proses pencucian sehingga dapat digunakan kembali mengingat bahwa harga magnesium silikat cukup mahal.
4. Waktu reaksi transesterifikasi minimal 2 jam dan kecepatan 800 rpm untuk mendapatkan viskositas yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, I., Nurbayati S., Ulum, U. 2011. *Pembuatan Produk Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Cara Esterifikasi Dan Transesterifikasi*. Jurnal Kimia, Vol 2 Nomer 3, Halaman 443-448. UIN Hidayatullah Jakarta.
- Arifin, Z. 2016. *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Heterogen Cangkang Bekicot (Achatina Fulica) Dengan Metode Pencucian Dry Whasing*. Skripsi. Politeknik Negeri Jember.
- Aini, F dan Siti, T. 2013. *Hubungan antara waktu penyimpanan dan nilai viskositas biodiesel minyak biji kapuk*. UNESA journal of chemistry vol 2.
- Arita, S., Adipati, A.S., dan Sari, D.P. 2014. *Pembuatan Katalis Heterogen Dari Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Dan Diaplikasikan Pada Reaksi Trasesterifikasi Dari Crude Palm Oil*. Jurnal Teknik Kimia. Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. SNI 7182-2012 Standar Mutu Biodiesel. BSNI. Jakarta.
- Darmawan, F. dan Susila, I. 2013. *Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem*. Dalam Jurnal Teknik Mesin. Universitas Negeri Surabaya.
- Dharsono, W. dan Oktari Y.S. 2013. *Proses Pembuatan Biodiesel Dari Dedak Dan Metanol Dengan Esterifikasi In Situ*. Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri, Vol. 2, No. 2, Halaman 33-39. Universitas Diponegoro.
- Demirbas, A. 2009. *Prediction of Higher Heating Values for Biodiesels from Their Physical Properties*. Jurnal Energy Sources Part A : Recovery, Utilization, and Environmental Effects, Vo.31, No. 8. pp. 633 – 638. Turkey.
- Deliana, R dan Nirwana. 2013. *Transesterifikasi Minyak Limbah Ikan Patin Menggunakan Isobutanol dengan Variasi Jumlah Katalis dan Waktu Reaksi*. Jurnal Teknobiologi. Universitas Riau.
- Enweremadu, C.C., and O.J. Alamu. 2010. *Developent And Characteristization Of Biodiesel From Sea Nut Butter*. Journal International Agrophysics, 24. pp. 29-34.

- Handayani, S.P. 2010. *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Ikan Dengan Radiasi Gelombang Mikro*. Skripsi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Hikmah, M.N., dan Zuliyana. 2010. *Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Dedak Dan Metanol Dengan Proses Esterifikasi Dan Transesterifikasi*. Skripsi. Universitas Diponegoro.
- Hendra, D. 2014. *Pembuatan Biodiesel Dari Biji Kemiri Sunan*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 32. Hlm. 37-45.
- Kurniasih, E. 2012. *Produksi Biodiesel Dari Crude Palm Oil Melalui Reaksi Dua Tahap*. Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Mastori. 2010. *Pembuatan Biodiesel Dari Limbah Minyak Tepung Ikan Sardin Dengan Katalis Abu Ampas Tebu*. Skripsi. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Manurung, J. 2010. *Analisis Sifat-Sifat Fisika-Kimia dan Emisi Gas Buang dari Biodiesel B10, B20 Turunan Minyak Kacang Tanah Melalui Proses Transesterifikasi dengan Katalis KOH*. Tesis. Program Pasca sarjana, FMIPA. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Maulida, R. 2015. *Pembuatan Biodiesel Minyak Biji Papaya (Carica Papaya L.) Melalui Proses Transesterifikasi Menggunakan Katalis Kulit Telur*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Munawir, M dan Sanda. 2006. *Penambahan Bioaditif Untuk Peningkatan Kualitas BBM Blending Petrodiesel dan Biodiesel*. Prosiding PPI – PDIPTN. Pustek Akselerator dan Proses Bahan. Yogyakarta.
- Maulana, I.T., Sukraso dan Damayanti, S. 2014. *Kandungan Asam Lemak Dalam Minyak Ikan Indonesia*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 6, No. 1, Hlm. 121-130. ITB Bandung.
- Nurhayati dan N. Huda. 2014. *Proses Pengolahan Bahan Baku Biomassa Menjadi Biodiesel*. Modul ETC Foundation the Netherlands. TEDC Bandung.
- Nurhayati, A.M. dan A. Gapur. 2014. *Transesterifikasi Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Katalis Heterogen CaO Dari Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Kalsinasi 900 °C*. Jurnal Ind. Che. Akta, 5. Hlm. 23-29.
- Panagan, A.T., H. Yohandini, dan J.U. Gultom. 2011. *Analisis kualitatif dan kuantitatif asam lemak tak jenuh omega-3 dari minyak ikan patin (Pangasius pangasius) dengan metode kromatografi gas*. Jurnal Penelitian Sains, 14(4C):38-42.

- Setiawati, E dan Edwar, F. 2012. *Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel*. Riset Industri dan Standardisasi Vol. VI No 2. Hlm117-127. Banjarbaru
- Santoso, H. 2013. *Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur*. LP3M. Universitas Katolik Prahayangan.
- Syarif, M. 2016. *Calcium Carbide Residu (CCR) Sebagai Katalis Basa Heterogen Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kesambi (Schleichera Oleosa L.)*. Skripsi. Politeknik Negeri Jember.
- Satrioajie, W.N. 2011. *Biologi Dan Ekologo Kerang Bulu Anadara Cunearca pilula (reeve,1843)*.jurnal.
- Sartoni, H., S. Bahri, dan Sunarno. 2013. *Biodiesel dari Limbah Ikan Baung (Mystus Nemurus) dengan Katalis Padat H-Zeolit*. Jurnal. Universitas Riau. Riau.
- Saroyo, G. 2010. *Laporan Magang Di PT. Maya Food Industries Pekalongan Jawa Tengah (Proses Produksi Macherel/Sardines)*. Laporan Magang. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Sun, H., Zishanshan Li, Jing Bai, S.A. Memon, B. Bong, Y. Fang, weitung xu, and Feng xing. 2015. *Properties Of Chimically Combusted Calcium Carbide Residue And Its Inflience On Coment Properties*. Materials Number 8 pp. 638-651.
- Setiyono dan Y. Satmoko. 2008. *Potensi Pencemaran Dari Limbah Industri Pengolahan Ikan Di Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi*. Jurnal.
- Tohari. 2015. *Sintesis Biodiesel Dari Minyak Biji Kapuk Randu (Ceiba Pentanandra L.) Dengan Variasi Waktu Lama Pengadukan Pada Proses Transesterifikasi*. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Victari, D. 2011. *Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah Hasil Pemucatan dengan Adsorben Abu Sekam Padi pada Berbagai Variasi Suhu*. Skripsi. FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wisesa, A. 2015. *Pemurnian Metode Dry Washing untuk Meningkatkan Kualitas Biodiesel Hasil Transesterifikasi dengan Katalis Basa Heterogen*. Skripsi. Politeknik Negeri Jember.

- Widyawati, Y. 2007. *Desain Proses Dua Tahap Esterifikasi-Transesterifikasi (Estrans) Pada Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Jarak Pagar (Jatropha Curcas L.)*. Tesis. Institut Pertanian Bogor
- Wahyuni, A. 2010. *Karakterisasi Mutu Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Berdasarkan Perlakuan Tingkat Suhu Yang Berbeda Menggunakan Reaktor Sirkulasi*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.

Lampiran 1. Pembuatan Larutan

1. Larutan KOH 0,1 N

Membuat larutan KOH 0,1 N dilakukan dengan cara melarutkan padatan KOH menggunakan aquades sebanyak 100 ml. Massa KOH yang dibutuhkan dihitung menggunakan rumus:

$$N = \frac{\text{massa}}{\text{berat molekul}} \times \frac{1000}{\text{ml aquades}}$$

$$0,1 = \frac{\text{massa}}{56} \times \frac{1000}{100}$$

$$5,6 = \text{massa} \times 10$$

$$\text{massa} = \frac{5,6}{10}$$

$$m = 0,56 \text{ gram}$$

Jadi untuk membuat larutan KOH 0,1 N pada 100 ml aquades membutuhkan 0,56 gram padatan KOH.

2. Larutan NaOH 0,1 N

Membuat larutan NaOH 0,1 N dilakukan dengan cara melarutkan padatan NaOH teknis menggunakan aquades sebanyak 100 ml. Massa NaOH yang dibutuhkan dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$N = \frac{\text{massa}}{\text{berat molekul}} \times \frac{1000}{\text{ml aquades}}$$

$$0,1 = \frac{\text{massa}}{40} \times \frac{1000}{100}$$

$$4 = \text{massa} \times 10$$

$$\text{massa} = \frac{4}{10}$$

$$m = 0,4 \text{ gram}$$

Jadi untuk membuat larutan NaOH 0,1 N pada 100 ml aquades membutuhkan 0,4 gram padatan NaOH teknis.

Lampiran 2. Pengujian Kualitas Minyak Ikan

1. Perhitungan Berat Molekul Minyak Ikan

Penentuan berat molekul minyak ikan berdasarkan data kandungan asam lemak milik Maulana (2014). Berikut perhitungan berat molekul minyak ikan:

Jenis asam lemak	%	Rumus Molekul	BM asam lemak	BM minyak
Asam miristat	3,61	$C_{14}H_{28}O_2$	228	8,231
Asam palmitat	26,60	$C_{16}H_{32}O_2$	256	68,096
Asam palmitoleat	2,74	$C_{16}H_{30}O_2$	254	6,96
Asam pentadekanoat	0,17	$C_{15}H_{30}O_2$	242	0,411
Asam margarat	0,32	$C_{18}H_{30}O_2$	278,44	0,891
Asam stearat	5,52	$C_{18}H_{36}O_2$	284.484	15,703
Asam arakidat	1,50	$C_{20}H_{40}O_2$	312	4,68
Asam behenat	0,43	$C_{22}H_{44}O_2$	340	1,462
Asam elaidat	26,80	$C_{18}H_{34}O_2$	282,46	3,876
Asam cis-3-eikosanoat	1,44	$C_{20}H_{38}O_2$	310	4,464
Asam cis-11-eikosanoat	0,31	$C_{20}H_{38}O_2$	310	0,961
Asam trans 13-dokosanoat	0,90	$C_{22}H_{44}O_2$	340	3,06
Asam heksadekate traenoat	0,14	$C_{16}H_{26}O_2$	250.382	0,35
LA	8,92	$C_{18}H_{32}O_2$	280	24,976
Asam 9-cis 11 trans-oktadekadienoat	0,26	$C_{18}H_{34}O_2$	282	0,733
ALA	0,27	$C_{18}H_{30}O_2$	278.44	0,75
Asam eikosatrienoat	0,21	$C_{20}H_{34}O_2$	306.49	0,644
Asam eikosatetraenoat	1,03	$C_{20}H_{32}O_2$	304	3,131
AA	1,78	$C_{20}H_{32}O_2$	304.47	5,42
EPA	8,97	$C_{20}H_{30}O_2$	302,451	27,13
Asam dokosapentaenoat	0,45	$C_{22}H_{34}O_2$	330.504	1,488
DHA	6,56	$C_{22}H_{32}O_2$	328,488	21,55
Total	98,93%			204,969

$$\begin{aligned}
 \text{BM Minyak Ikan} &= (\% \times \text{mr asam lemak})_1 + (\% \times \text{mr asam lemak})_2 + \dots \\
 &\quad (\% \times \text{mr asam lemak})_n \\
 &= (3,61\% \times 228) + (26,60\% \times 256) + \dots \\
 &\quad (6,56\% \times 328,488) \\
 &= 8,231 + 68,096 + \dots 21,55 \\
 &= 204,969 \text{ gr/mol}
 \end{aligned}$$

Jadi berat molekul dari minyak ikan adalah 204,969 gr/mol.

2. Massa Jenis Minyak Ikan

Hasil perhitungan massa jenis minyak Ikan

	Minyak Ikan awal (gr/ml)	Minyak Ikan hasil pemurnian (gr/ml)
	0,913557	0,910322
	0,912951	0,909918
Rata-rata	0,913254	0,910120

a. Minyak Ikan Awal

$$\begin{aligned}
 \text{Massa jenis (} \rho \text{)} &= \frac{(\text{berat pikno+minyak}) - (\text{berat pikno kosong})}{\text{volume pikno}} \\
 &= \frac{77,98 \text{ gr} - 32,8 \text{ gr}}{49,455 \text{ ml}} \\
 &= 0,913557 \text{ gr/ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa jenis (} \rho \text{)} &= \frac{(\text{berat pikno+minyak}) - (\text{berat pikno kosong})}{\text{volume pikno}} \\
 &= \frac{77,95 \text{ gr} - 32,8 \text{ gr}}{49,455 \text{ ml}} \\
 &= 0,912951 \text{ gr/ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{D_1 + D_2}{2} \\
 &= \frac{0,913557 \text{ gr/ml} + 0,912951 \text{ gr/ml}}{2} \\
 &= 0,913254 \text{ gr/ml}
 \end{aligned}$$

b. Minyak Ikan Sesudah Pemurnian

$$\begin{aligned}\text{Massa jenis } (\rho) &= \frac{(\text{berat pikno} + \text{minyak}) - (\text{berat pikno kosong})}{\text{volume pikno}} \\ &= \frac{77,92 \text{ gr} - 32,9 \text{ gr}}{49,455 \text{ ml}} \\ &= 0,910322 \text{ gr/ml}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa jenis } (\rho) &= \frac{(\text{berat pikno} + \text{minyak}) - (\text{berat pikno kosong})}{\text{volume pikno}} \\ &= \frac{77,90 \text{ gr} - 32,9 \text{ gr}}{49,455 \text{ ml}} \\ &= 0,909918 \text{ gr/ml}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \frac{D_1 + D_2}{2} \\ &= \frac{0,910322 \text{ gr/ml} + 0,909918 \text{ gr/ml}}{2} \\ &= 0,910120 \text{ gr/ml}\end{aligned}$$

Jadi rata-rata massa jenis minyak Ikan awal adalah 0,913254 gr/ml dan mengalami penurunan setelah dimurnikan yaitu 0,910120 gr/ml.

3. Kadar Asam Lemak Bebas (FFA)

Data hasil perhitungan asam lemak bebas

	Minyak Ikan awal		Minyak Ikan pemurnian	
	1	2	1	2
Berat sampel (gr)	2	2	2	2
Vol. Titrasi (ml)	12	12,5	8,5	8
FFA	12,29	12,81	8,71	8,19
Rata-rata	12,55		8,45	

a. Minyak Ikan Awal

$$\text{FFA} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times 204,969 \text{ gr/mol}}{10 \times \text{massa minyak}}$$

$$= \frac{12 \text{ ml} \times 0,1 \text{ N} \times 204,969 \text{ gr/mol}}{10 \times 2 \text{ gr}}$$

$$= 12,29$$

$$\text{FFA} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times 204,969 \text{ gr/mol}}{10 \times \text{massa minyak}}$$

$$= \frac{12,5 \text{ ml} \times 0,1 \text{ N} \times 204,969 \text{ gr/mol}}{10 \times 2 \text{ gr}}$$

$$= 12,81$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$= \frac{12,29\% + 12,81\%}{2}$$

$$= 12,55$$

b. Minyak Ikan Setelah Pemurnian

$$\text{FFA} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times 204,969 \text{ gr/mol}}{10 \times \text{massa minyak}}$$

$$= \frac{8 \text{ ml} \times 0,1 \text{ N} \times 204,969 \text{ gr/mol}}{10 \times 2 \text{ gr}}$$

$$= 8,19$$

$$\text{FFA} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times 204,969 \text{ gr/mol}}{10 \times \text{massa minyak}}$$

$$= \frac{8,5 \text{ ml} \times 0,1 \text{ N} \times 204,969 \text{ gr/mol}}{10 \times 2 \text{ gr}}$$

$$= 8,71$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$= \frac{8,19\% + 8,45\%}{2}$$

$$= 8,45$$

Jadi rata-rata FFA minyak Ikan awal adalah 12,55 dan minyak Ikan hasil permurnian 8,45.

4. Bilangan Asam

Data hasil pengukuran asam lemak bebas

	Minyak Ikan awal		Minyak Ikan pemurnian	
	1	2	1	2
Berat sampel (gr)	2	2	2	2
Vol. Titrasi (ml)	7,50	7,75	6,75	7
Bilangan asam	21,03%	21,73%	18,93%	19,63%
Rata-rata	21,38		19,28	

a. Minyak Ikan Awal

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{V \text{ KOH} \times N \text{ KOH} \times 56,1 \text{ gr/mol}}{\text{massa minyak}}$$

$$= \frac{7,50 \text{ ml} \times 0,1 \text{ N} \times 56,1 \text{ gr/mol}}{2 \text{ gr}}$$

$$= 21,03\%$$

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{V \text{ KOH} \times N \text{ KOH} \times 56,1 \text{ gr/mol}}{\text{massa minyak}}$$

$$= \frac{7,75 \text{ ml} \times 0,1 \text{ N} \times 56,1 \text{ gr/mol}}{2 \text{ gr}}$$

$$= 21,73\%$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{B_1 + B_2}{2}$$

$$= \frac{21,03\% + 21,73\%}{2}$$

$$= 21,38\%$$

b. Minyak Ikan Pemurnian

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{V \text{ KOH} \times N \text{ KOH} \times 56,1 \text{ gr/mol}}{\text{massa minyak}}$$

$$= \frac{6,75 \text{ ml} \times 0,1 \text{ N} \times 56,1 \text{ gr/mol}}{2 \text{ gr}}$$

$$= 18,93\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bilangan Asam} &= \frac{V \text{ KOH} \times N \text{ KOH} \times 56,1 \text{ gr/mol}}{\text{massa minyak}} \\
 &= \frac{7 \text{ ml} \times 0,1N \times 56,1 \text{ gr/mol}}{2 \text{ gr}} \\
 &= 19,63\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{B_1 + B_2}{2} \\
 &= \frac{18,93\% + 19,63\%}{2} \\
 &= 19,28\%
 \end{aligned}$$

Jadi rata-rata kadar asam lemak bebas minyak Ikan awal adalah 21,38% dan minyak Ikan hasil permurnian 19,28%.

Lampiran 3. Pengujian Kualitas Biodiesel

1. Massa Jenis

	Ulangan		
	1	2	3
Volume pikno (ml)	50,037	50,143	49,905
Massa pikno kosong (gr)	31,5985	31,9921	31,9363
Massa pikno +biodiesel (gr)	74,9520	75,5135	75,4251
Massa jenis (gr/ml)	0,86342	0,868	0,8858

$$\begin{aligned}
 \text{a. Massa jenis } (\rho) &= \frac{(\text{berat pikno+minyak})-(\text{berat pikno kosong})}{\text{volume pikno}} \\
 &= \frac{774,9520 \text{ gr} - 31,5985 \text{ gr}}{50,037 \text{ ml}} \\
 &= 0,86342 \text{ gr/ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Massa jenis } (\rho) &= \frac{(\text{berat pikno+minyak})-(\text{berat pikno kosong})}{\text{volume pikno}} \\
 &= \frac{75,5135 \text{ gr} - 31,9921 \text{ gr}}{50,143 \text{ ml}} \\
 &= 0,868 \text{ gr/ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Massa jenis } (\rho) &= \frac{(\text{berat pikno+minyak})-(\text{berat pikno kosong})}{\text{volume pikno}} \\
 &= \frac{75,4251 \text{ gr} - 31,9363 \text{ gr}}{49,905 \text{ ml}} \\
 &= 0,8858 \text{ gr/ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3} \\
 &= \frac{0,86342 \text{ gr/ml} + 0,868 \text{ gr/ml} + 0,8858 \text{ gr/ml}}{3} \\
 &= 0,8724 \text{ gr/ml}
 \end{aligned}$$

Jadi rata-rata massa jenis biodiesel adalah 0,8724 gr/ml atau 872,4 kg/m³

2. Bilangan Asam

	Ulangan		
	1	2	3
Massa Biodiesel (gr)	2	2	2
Volumetitrasi (ml)	0,27	0,31	0,26

$$\begin{aligned}
 \text{a. Bilangan Asam} &= \frac{V \text{ KOH} \times N \text{ KOH} \times 56,1 \text{ gr/mol}}{\text{massa minyak}} \\
 &= \frac{0,27 \text{ ml} \times 0,1N \times 56,1 \text{ gr/mol}}{2 \text{ gr}} \\
 &= 0,75735 \text{ mg-KOH/gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Bilangan Asam} &= \frac{V \text{ KOH} \times N \text{ KOH} \times 56,1 \text{ gr/mol}}{\text{massa minyak}} \\
 &= \frac{0,31 \text{ ml} \times 0,1N \times 56,1 \text{ gr/mol}}{2 \text{ gr}} \\
 &= 0,86955 \text{ mg-KOH/gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Bilangan Asam} &= \frac{V \text{ KOH} \times N \text{ KOH} \times 56,1 \text{ gr/mol}}{\text{massa minyak}} \\
 &= \frac{0,26 \text{ ml} \times 0,1N \times 56,1 \text{ gr/mol}}{2 \text{ gr}} \\
 &= 0,7293 \text{ mg-KOH/gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata} &= \frac{B_1 + B_2 + B_3}{3} \\
 &= \frac{0,75735 + 0,86955 + 0,7293}{3} \\
 &= 0,7854 \text{ mg-KOH/gr}
 \end{aligned}$$

Jadi rata-rata bilangan asam biodiesel adalah 0,7561 mg-KOH/gr

3. Indeks Setana

Penentuan indeks setana berdasarkan persamaan yang ditentukan oleh Krisnangkura (1986) dan menjadi standar AOCS. Perhitungan ini menggunakan bilangan iod dan bilangan penyabunan. Berikut perhitungan indeks setana biodiesel:

$$\begin{aligned}\text{Indeks setana} &= 46,3 + \frac{5458}{\text{bil. penyabunan}} - (0,225 \times \text{bil. Iod}) \\ &= 46,3 + \frac{5458}{48,10} - (0,225 \times 48,60) \\ &= 46,3 + 113,471 - 10,935 \\ &= 148,836\end{aligned}$$

Jadi indeks setana pada biodiesel minyak ikan adalah 148,836

4. Nilai Kalor

Perhitungan nilai kalor berdasarkan bilangan iod dan bilangan penyabunan Demirbas (1998) *dalam* Enweremadu (2010).




$$\begin{aligned}\text{HHV} &= 49,43 - (0,015 \times \text{bil. iod}) - (0,041 \times \text{bil. penyabunan}) \\ &= 49,43 - (0,015 \times 48,60) - (0,041 \times 48,10) \\ &= 49,43 - 0,729 - 1,972 \\ &= 46,729 \text{ MJ/Kg}\end{aligned}$$

Nilai kalor juga dapat dihitung dari nilai massa jenis menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut: (Demirbas, 2009)

$$\begin{aligned}\text{HHV} &= -0,0382 \rho + 74,468 \\ &= -0,0382 (872,4) + 74,468 \\ &= 41,142 \text{ MJ/Kg}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan bilangan iod dan bilangan penyabunan maupun dari nilai massa jenis, nilai kalor dari biodiesel limbah minyak ikan memenuhi standart Amerika yaitu USA No. 2 *Distillate* (Diesel) minimal 40 MJ/Kg. 46,729 MJ/Kg menggunakan bilangan iod dan bilangan penyabunan sedangkan dari nilai massa jenis 41,142 MJ/Kg.

Lampiran 4. Laporan Hasil Pengujian

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN LABORATORIUM MOTOR BAKAR Jl. Mayjen Haryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.1222 Cel_mesinUB@yahoo.co.id							
DATA HASIL PENGUJIAN:								
<table border="1"><thead><tr><th>No</th><th>Nama Bahan (Kode Bahan)</th><th>Flash Point (°C)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>Minyak Ikan</td><td>196</td></tr></tbody></table>	No	Nama Bahan (Kode Bahan)	Flash Point (°C)	1	Minyak Ikan	196		
No	Nama Bahan (Kode Bahan)	Flash Point (°C)						
1	Minyak Ikan	196						

Kode dokumen: FR-LBS-005
Revisi: 0



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
LABORATORIUM ANALISIS PANGAN
Jalan Mastrip Kotak Pos 164 Jember 68101
Telp. (0331)333532-34. Faks. (0331)333531. E-mail politeknik@polije.co.id

LAPORAN HASIL ANALISA

Tanggal terima	: Selasa, 7 Juli 2017
Tanggal selesai	: Senin, 14 Juli 2017
Dikirim oleh	: Erwinsyah TIP
Alamat	: TEP POLIJE
Jenis sampel	: Biodisel Minyak Ikan
Jenis Analisa	: Viskositas, Bilangan Iodin dan Bilangan Penyabunan
Peralatan Pengujian	: Timbangan analitik, Buret, Erlenmayer, Pipet ukur
Peralatan K3 (Alat Pelindung Diri)	: Sarung Tangan, Masker dan Jas Laboratorium

HASIL ANALISA

No	Jenis Sampel	Biodisel Minyak Ikan		
		Ulangan 1	Ulangan 2	Rata-2
1	Viskositas (cp)	29,2387	30,6933	29,9660
2	Bilangan Iodin (gr / 100 gr)	48,22	8,98	48,60
3	Bilangan Penyabunan (mg / gr)	47,96	48,24	48,10

Hasil analisa tersebut diatas sesuai dengan sampel yang kami terima



K. Lab Analisis Pangan.

M. Djabir Saing, STp, MP
NIP.19670512 199203 2 001

Jember, 14 Juli 2017,
Analisis

M. Djabir Saing, SE
NIP.19670512 199203 1 003

Smart, Inovative, Profesional





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
LABORATORIUM MOTOR BAKAR
Jl. Mayjen Haryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.1222
Cel_mesinUB@yahoo.co.id



DATA HASIL PENGUJIAN:

No	Nama Bahan (Kode Bahan)	Viskositas (cSt)
1	Minyak ikan	5,62



Lampiran 5. Analisis Data

Analisis data pada penelitian utama dilakukan secara manual. Berikut data hasil rendemen penelitian utama:

Waktu reaksi (A)	Konsentrasi katalis (B)				total
	1%	2%	3%	4%	
30 menit	52.5	57	61	65	
	54.5	55	60	66.5	
	53	56	61.5	65.5	
subtotal	160	168	182.5	197	707.5
rata-rata	53.3333	56	60.8333	65.6667	
90 menit	64	70	77	79.5	
	65	72.5	76.5	81	
	65	71.5	75.5	81	
subtotal	194	214	229	241.5	878.5
rata-rata	64.6667	71.3333	76.3333	80.5	
Total	354	382	411.5	438.5	1586

1. Derajat Bebas (DB)

DB _{Perlakuan}	: AB-1 → 8-1	= 7
DB _A	: A-1 → 2-1	= 1
DB _B	: B-1 → 4-1	= 3
DB _{AB}	: DB _A x DB _B → 1 x 3	= 3
DB _{Galat}	: (r-1)t → (3-1)8	= 16
DB _{Total}	: (t.r)-1 → (8.3)-1	= 23

2. Jumlah Kuadrat (JK)

FK	$= \frac{GT^2}{r \cdot t} \rightarrow = \frac{1586^2}{24}$	= 104808,2
JK _{Total}	$= (52,5^2 + 54,5^2 + \dots + 81^2) - 104808,2$	= 1916,333
JK _{Perlakuan}	$= \frac{160^2 + 194^2 + \dots + 241,5^2}{3} - 104808,2$	= 1903,333

$$\begin{aligned}
JK_{\text{Galat}} &= JK_{\text{Total}} - JK_{\text{Perlakuan}} = 1916,333 - 1903,333 = 13 \\
JK_A &= \frac{Y^2}{a.r} - FK = \frac{707,5^2 + 878,5^2}{12} - 104808,2 = 1218,375 \\
JK_B &= \frac{Y^2}{b.r} - FK = \frac{315,5^2 + 360,5^2 + 382^2 + 382^2}{6} - 104808,2 = 667,5833 \\
JK_{AB} &= JK_{\text{Perlakuan}} - JK_A - JK_B = 17,375 \\
&= 1903,333 - 1218,375 - 667,5833
\end{aligned}$$

3. Kuadrat Tengah (KT)

$$\begin{aligned}
\text{a. } KT_{\text{Perlakuan}} &: \frac{JK_{\text{Perlakuan}}}{DB_{\text{Perlakuan}}} \rightarrow \frac{1903,333}{7} = 271,9048 \\
\text{b. } KT_{\text{Galat}} &: \frac{JK_{\text{Galat}}}{DB_{\text{Galat}}} \rightarrow \frac{13}{16} = 0,8125 \\
\text{c. } KT_A &: \frac{JK_A}{DB_A} \rightarrow \frac{1218,375}{1} = 1218,375 \\
\text{d. } KT_B &: \frac{JK_B}{DB_B} \rightarrow \frac{667,5833}{3} = 222,5278 \\
\text{e. } KT_{AB} &: \frac{JK_{AB}}{DB_{AB}} \rightarrow \frac{17,375}{3} = 5,791667
\end{aligned}$$

4. F_{Hitung}

$$\begin{aligned}
F_{\text{Hit A}} &: \frac{KT_A}{KT_{\text{Galat}}} \rightarrow \frac{1218,375}{0,8125} = 1499,538 \\
F_{\text{Hit B}} &: \frac{KT_B}{KT_{\text{Galat}}} \rightarrow \frac{222,5278}{0,8125} = 273,8803 \\
F_{\text{Hit AB}} &: \frac{KT_{AB}}{KT_{\text{Galat}}} \rightarrow \frac{5,791667}{0,8125} = 7,128205
\end{aligned}$$

5. Notasi

Jika nilai F_{Hitung} dan F_{Tabel} sudah diketahui maka langkah selanjutnya menentukan notasi

- 1) Jika $F_{\text{Hitung}} < F_{\text{Tabel}} 0,05$ maka notasinya NS (Non Signifikan).
- 2) Jika F_{Hitung} diantara $F_{\text{Tabel}} 0,05$ F dan Tabel 0,01 maka notasinya * (Berbeda Nyata).
- 3) Jika $F_{\text{Hitung}} > F_{\text{Tabel}} 0,01$ maka notasinya ** (Sangat Berbeda Nyata).

Tabel analisis ragam untuk tingkat kepercayaan 95% dan 99% setelah dihitung sebagai berikut:

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F hitung	F Tabel		Notasi
					0,05%	0,01%	
Waktu (A)	1	1218,38	1218,38	1499,538	4,4939984	8,53097	**
Katalis (B)	3	667,583	222,528	273,88	3,2388715	5,29221	**
Interaksi (AB)	3	17,375	5,79167	7,128205	3,2388715	5,29221	**
Galat	16	13	0,8125				
Total	23	1916,33					

Keterangan : * = berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95%

** = berbeda sangat nyata pada taraf kepercayaan 99%

6. Keputusan

Dari hasil analisis sidik ragam yang terlihat ditabel bahwa lama pengadukan (A), konsentrasi katalis limbah karbit berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen biodiesel minyak Ikan. Dan interaksi antara lama pengadukan (A) dan konsentrasi katalis limbah karbit (B) juga berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen biodiesel minyak Ikan. Maka keputusan yang harus diambil yaitu perlu dilakukan uji lanjut menggunakan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*).

7. Uji Lanjut Duncan

Langkah pertama untuk melakukan uji lanjut duncan yaitu menentukan nilai wilayah terpendek (Rp) dengan cara menentukan nilai kuadrat tengah galat (KTG) dari tabel analisis ragam, maka diperoleh nilai KTG = 0,8125 dan derajat bebas galat = 16 kemudian menentukan nilai kritisnya dari tabel duncan. Maka didapat nilai seperti pada tabel dibawah ini:

$$s_{\bar{Y}} = \sqrt{\frac{KTG}{r}}$$

$$= 0,520$$

Tabel pembandingan Duncan pada Taraf 0,05%

P	2	3	4	5	6	7	8
Rp	2,998	3,144	3,235	3,297	3,343	3,376	3,402
Rp * Sy	1,560	1,636	1,683	1,715	1,739	1,756	1,770

Untuk langkah selanjutnya membuat tabel Matriks selisih perbedaan pasangan rata-rata AxB (diurutkan dari yang terkecil ke yang besar). Seperti pada contoh dibawah ini:

Hasil Pengujian DMRT (*Duncan Multiple Rang Test*)

Perlakuan	Rata-rata	53.33	56	60.83	64.66	65.66	71.33	76.33	80.5	Simbol
A1B1	53.33	0.0								a
A1B2	56	2.67*	0.0							b
A1B3	60.83	7.5*	4.83*	0.0						c
A2B1	64.66	11.33*	8.66*	3.83*	0.0					d
A1B4	65.66	12.33*	9.66*	4.83*	1	0.0				de
A2B2	71.33	18*	15.33*	10.5*	6.67*	5.67*	0.0			f
A2B3	76.33	23*	20.33*	15.5*	11.67*	10.67*	5*	0.0		g
A2B3	80.5	27.17*	24.5*	19.67*	15.84*	14.84*	9.17*	4.17*	0.0	h

Keterangan : * = berbeda nyata pada 0,05

Kesimpulan:

Dapat dilihat pada tabel hasil Pengujian DMRT (*Duncan Multiple Rang Test*) dengan taraf 0,05 terdapat perlakuan yang tidak berbeda nyata yaitu perlakuan A2B1 dan A1B4. Sedangkan perlakuan yang lain yaitu A1B1, A1B2, A1B3, A2B2, A2B3 dan A2B3 berbeda nyata dengan perlakuan A1B1 dan A1B4.

Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian

1. *Pretreatment* Cangkang Kerang Bulu



2. *Pretreatment* Limbah Las Karbit



8. Proses *degumming* minyak Ikan



9. Reaksi Esterifikasi



10. Reaksi Transesterifikasi



11. Pemurnian Biodiesel



12. Biodiesel Setelah Pencucian

