

**METHANOLISISMINYAK JELANTAH MENJADI
BIODIESEL DENGAN KATALIS RFCCU BASE
CHEMICAL Al₂O₃**

Mujiharti

94217005



TESIS

Untuk memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Teknik Kimia pada

Universitas Muhammadiyah Palembang

Dengan wibawa Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang

Dipertahankan pada tanggal 25 Juli 2019 Di Universitas Muhammadiyah Palembang

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2019**

**METHANOLISIS MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL
DENGAN KATALIS RFCCU BASE CHEMICAL Al_2O_3**

TESIS

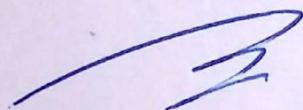
NAMA : MUJIHARTI

NIM : 94217005

Disetujui untuk disampaikan kepada Panitia Penguji

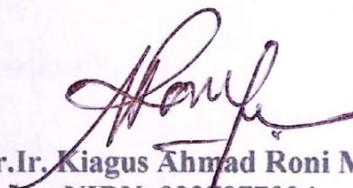
Pada Tanggal 25 Juli 2019

Pembimbing Pertama,



**Dr. Ir. Eka Sri Yusmartini M.T
NIDN. 0004046101**

Pembimbing kedua,



**Dr. Ir. Kiagus Ahmad Roni M.T
NIDN. 0227077004**

**Mengetahui
Ketua Program Studi**



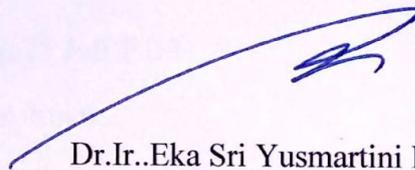
**Dr. Ir. Elfidiah. M.T.
NIDN. 020206640**

LEMBARAN PENGESAHAN PANITIA SIDANG

Judul Tesis : Proses methanolisis minyak jelantah menjadi biodiesel dengan katalis fccu base chemical Al_2O_3 .
Nama : Mujiharti
NIM : 94217005
Program Studi : Magister Teknik Kimia
Bidang Kajian Umum : Teknologi Proses

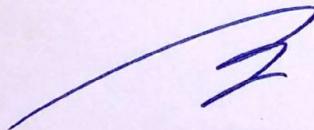
Telah diseminarkan pada tingkat Program Studi Magister Teknik Kimia pada 25 Juli 2019 dan dinyatakan **LULUS**, sehingga telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum pada Program Studi Magister Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pembimbing Pertama



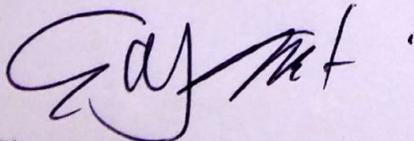
Dr.Ir..Eka Sri Yusmartini M.T
NIDN. 0004046101

Penguji Pertama



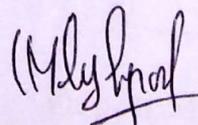
Dr.Ir. Eka Sri Yusmartini M.T
NIDN. 0004046101

Penguji kedua



Dr. Eko Arianto, S.T., M.Cheng.Eng
NIDN.0217067504

Penguji ketiga



Dr. Mardwita ST.MT
NIDN.0023038208

LEMBARAN PENGESAHAN PROGRAM STUDI

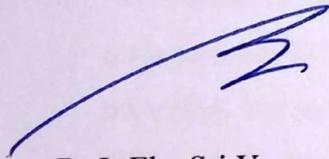
Judul Tesis : Proses methanolisis minyak jelantah menjadi biodiesel dengan katalis fccu base chemical Al_2O_3 .
Nama : Mujiharti
NIM : 94217005
Program Studi : Magister Teknik Kimia
Bidang Kajian Umum : Teknologi Proses

Telah diseminarkan pada tingkat Program Studi Magister Teknik Kimia pada 25 Juli 2019 dan dinyatakan **LULUS**, sehingga telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum pada Program Studi Magister Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang

Palembang, 25 Juli 2019

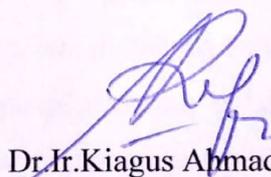
Menyetujui

Pembimbing pertama,



Dr. Ir. Eka Sri Yusmartini M.T.
NIDN.0004046101

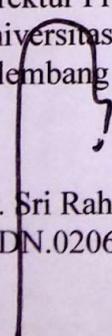
Pembimbing kedua,



Dr. Ir. Kiagus Ahmad Roni M.T.
NIDN.0227077004

Mengetahui,

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah
Palembang



Dr. Sri Rahayu, S.E., M.M.
NIDN.0206016702

Ketua Program Studi
Magister Teknik Kimia,



Dr. Ir. Elfidiah, M.T.
NIDN.020206640

PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mujiharti
NIM : 94217005
Program Studi : Teknik Kimia

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

5. Karya tulis saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Magister Pendidikan baik di Universitas Muhammadiyah Palembang maupun di perguruan tinggi lain.
6. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
7. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau di publikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
8. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Palembang, Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



(Mujiharti)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat Rahmat dan HidayahNya laporan hasil penelitian ini dapat kami selesaikan tepat waktunya. Laporan ini berjudul "**Proses methanolisis minyak jelantah menjadi biodiesel dengan katalis FCCU Base Chemical Al₂O₃**".

Laporan ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan di laboratorium analisis Fakultas Teknik Program studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang pada bulan Oktober 2018 sampai Mei 2019. dan pengujian hasil dilaksanakan di laboratorium Pertamina UP III Plaju. `

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa hasil dari tugas akhir ini masih banyak kekurangan, dengan ini penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna kesempurnaan tugas akhir ini. Penyusun haturkan ucapan terimakasih kepada Ibu Dr,Ir. Eka Sri Yusmartini M.T selaku pembimbing pertama dan Bapak Dr. Ir. Kiagus Ahmad Roni M.T selaku pembimbing keduadan dosen-dosen program studi program pascasarjana Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang dan lainnya yang telah membimbing, memberimotivasi, arahan dan meluangkan waktu guna pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian ini.

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi, jumlah penduduk yang disertai dengan jumlah pengguna kendaraan bermotor, transportasi, industri, alat-alat pertanian dan pembangkit listrik semakin meningkat, mengakibatkan cadangan bahan bakar minyak bumi yang dihasilkan di Indonesia semakin sedikit. Biodiesel yang dibuat dari minyak goreng bekas dapat menjadi sumber energi alternatif yang mampu menjawab tantangan tersebut. Pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan biodiesel yang memiliki kualitas standar mutu dengan memvariasikan waktu reaksi, suhu dan jumlah katalis pada proses metanolisisnya. Pembuatan biodiesel pada penelitian ini melalui satu tahap proses transesterifikasi dengan RFCUU Base Chemical Al_2O_3 sebagai katalis. Variasi variabel proses yang digunakan seperti waktu reaksi (10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit), suhu (80° , 90° , $100^{\circ}C$, $110^{\circ}C$ dan $120^{\circ}C$) dan jumlah katalis (1 %, 2 %, 3 %, 4 %, dan 5 %). Kondisi proses yang optimal adalah $383^{\circ}k$, konsentrasi katalis 4% dan waktu 60 menit. Konversi reaksi sebesar 60.76%. Dengan energy aktivasi 373,44 KJ/mol. Produk biodiesel yang dihasilkan akan diuji dan dianalisa karakteristiknya.

ABSTRACT

The need for energy, the number of population accompanied by the number of motorized vehicle users, transportation, industry, agricultural equipment and electricity generation has increased, resulting in fewer reserves of petroleum fuel produced in Indonesia. Biodiesel made from used cooking oil can be an alternative energy source that can answer these challenges. The production of biodiesel from used cooking oil in this study aims to produce biodiesel that has a quality standard quality by varying the reaction time, temperature and amount of catalyst in the methanolysis process. Biodiesel production in this study went through one stage the process of transesterification with Residu Fluid Catalytic cracking Unit (RFCCU) Base Chemical Al_2O_3 as a catalyst. Variations in process variables were used such as reaction time (10, 20, 30, 40, 50 and 60 minutes), temperature ($80^{\circ}C$, $90^{\circ}C$, $100^{\circ}C$, $110^{\circ}C$ and $120^{\circ}C$) and the amount of catalyst (1%, 2%, 3%, 4% and 5%). Optimal process condition is obtained at $383^{\circ}K$, 4% catalyst concentration and 60 minutes of reaction times. Under this a condition the conversion was 60,76%. The follows first kinetics order with and activation energy (E_a) is 373.44 KJ/mol. The biodiesel product produced will be tested and analyzed for its characteristics.

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SKEMA	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LatarBelakang	1
1.2. RumusanMasalah	2
1.3. TujuanPenelitian	3
1.4. ManfaatPenelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. MinyakJelantah	4
2.1.1.SifatFisikdansifatkimiaminyakjelantah	4

2.2. Methanol.....	6
2.3. Katalis RFCCU Base Chemical Al ₂ O ₃	7
2.4. Biodiesel	7
2.4.1. StandarMuu Biodiesel	9
2.4.2. EnergiAktivasi(E _a)	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1. TempatdanWaktupenelitian	12
3.1.1. TempatPenelitian	12
3.1.2. WaktuPenelitian	12
3.2. AlatdanBahanpenelitian	12
3.2.1. AlatPenelitian	12
3.2.2. BahanPenelitian yang digunakan	12
3.3. VariabelPenelitian	13
3.4. ProsedurPenelitian	13
3.4.1. TahapPersiapanBahan Baku.....	13
3.4.2. Proses Transesterifikasi	13
3.4.3. Proses Pemisahan.....	14
3.4.4. Proses Pemurnian	14
3.4.5. AnalisisData.....	14
BAB IV. HASL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1. HasilPenelitian	16
4.1.1. PenetapankadarAsamlemakBebas(FFA) minyakJelantah	16

4.1.2. Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas(FFA) Biodiesel	17
4.1.3. Pengaruh variasi persentase katalisator dalam proses Transesterifikasi minyak jelantah	18
4.1.4. Pengaruh variasi suhu dalam proses transesterifikasi	20
4.1.5. Energi Aktivasi	22
4.1.6. Hasil Analisis kualitatif Biodiesel minyak jelantah.....	22
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	24
5.2. Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN	28
1. Perhitungan Analisis bahan baku, Konversi, Persen Yield dan Energy Aktivasi (Ea).....	28
2. Gambar Bahan baku, Proses dan Hasil penelitian serta Pengujian hasil	36

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1.ReaksiTranesterifikasiTrigliseridadan Methanol.....	8
Gambar 2.2 ReaksiTranesterifikasiTrigliserida, methanol danAl ₂ O ₃ ...	8
Gambar 2.3.Katalis RFCCU Base Chemical A ₂ O ₃	10
Gambar4.1.Grafik hubungankonversi(x) terhadapwaktupadaberbagai Variasi persentase katalisator.....	19
Gambar 4.2.Grafik hubungankonversi(x) terhadap suhu pada waktu 60 menit.....	20
Gambar 4.3.Grafik hubungankonversi(x) terhadap waktupadaberbagai Variasi suhu	21
Gambar 4.4.Grafik LnK vs 1/T.....	22

DAFTAR SKEMA

	HALAMAN
Skema 2.1. Skematerbentuknya Akrolein	5
Skema 3.3. Prosedur Pembuatan Biodiesel	15

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1.Sifat Fisikdansifat Kimia minyakjelantah	5
Tabel 2.2.Syaratmutu Biodiesel SNI 7182.2015	11
Tabel 4.1 HasilAnalisa Kadar Asamlemakbebasminyakjelantah.....	16
Tabel4.2 HasilanalisaAsamLemakbebas biodiesel.....	17
Tabel 4.3.HasilKonversiPengaruhperentasekatalisator.....	18
Tabel 4.4 HasilPerhitungankonversi $-\ln(1-X_A)$ padakatalis yang bervariasi	18
Tabel 4.5.HasilKonversiPengaruhsuhu	20
Tabel 4.6.Perhitungankonversi $-\ln(1-X_A)$ padasuhu yang bervariasi	21
Tabel 4.7. Data fisik biodiesel hasilpenelitian	23

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Perhitungan Analisis Bahan baku dan Konversi, Persen Yield dan Energi Aktivasi (E_a).....	28
Lampiran 2. Gambar Alat, Bahan baku , Proses dan Hasil penelitian serta Pengujian Hasil.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan energi semakin meningkat, sedangkan cadangan bahan bakar minyak bumi yang dihasilkan di Indonesia semakin sedikit. Hal tersebut disebabkan karena jumlah penduduk yang disertai dengan jumlah pengguna kendaraan bermotor, transportasi semakin meningkat, seiring penggunaannya di bidang industri, alat-alat pertanian, generator dan pembangkit listrik. Konsumsi bahan bakar solar di Indonesia untuk transportasi rata-rata 16.482.023 kilo liter/tahun, untuk sektor industri rata-rata 182.667,8 kilo liter/tahun, untuk sektor pertanian rata-rata 237.2644 kilo liter/tahun dan untuk sektor lainnya rata-rata 1843.202,8 kilo liter/tahun (BPS RI, 2016).

Berkembangnya industri di Indonesia dan menurunnya produksi minyak dalam negeri menyebabkan ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar impor minyak bumi meningkat (Sugiono dkk, 2013) melaporkan bahwa pada periode tahun 2011-2030 diperkirakan kebutuhan minyak dalam negeri akan meningkat hampir 2 kali lipat dari 327 juta barel pada tahun 2011 menjadi 578 juta barel pada tahun 2030, tetapi tidak demikian dengan produksi minyak. Produksi minyak bumi selama periode tersebut menurun dari 329 juta barel menjadi 124 juta barel yaitu menurun sekitar 62 %.

Hal tersebut diatas merupakan tantangan yang perlu diantisipasi dengan mencari sumber energi alternatif. Sumber-sumber bahan bakar minyak alternatif yang dapat diperbaharui, salah satunya adalah "biodiesel". *Ruhyat dan Firdaus* (2006) mengevaluasi kelayakan beberapa bahan baku biodiesel dan telah menentukan bahwa bahan baku jenis minyak nabati yang paling layak digunakan adalah minyak goreng bekas (minyak jelantah) dan masih sangat besar untuk dikembangkan.

Minyak jelantah dapat bermanfaat jika dapat diolah dengan tepat. Pembuangan minyak jelantah secara langsung ke lingkungan dapat menimbulkan pencemaran khususnya pencemaran air, karena dapat menaikkan kadar *chemical*

Oxygen Demand (COD) dan Biology Oxygen Demand (BOD). Selain itu penggunaan minyak jelantah sebagai bahan konsumsi dapat mengganggu kesehatan (Men Zhang et al . 2003, Juan, et al.2006, Wang, et al. 2007. Shi and Bao 2008).

Penggunaan katalis dalam proses methanolisis minyak jelantah menjadi biodiesel berpengaruh terhadap yield yang dihasilkan. Setiawati dan Fatmir (2012) menggunakan katalis NaOH dalam proses transesterifikasi dengan kondisi operasi suhu 65°C, waktu reaksi 60 menit ,mendapatkan yield sebesar 96-98 %. Hasil yang berbeda dilaporkan oleh Rhofita (2016), mendapatkan yield 90%, menggunakan katalis KOH dalam proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan kondisi operasi suhu 60°C dalam waktu 60 menit . Sementara itu Adhari (2016), menggunakan katalis ZnO dalam proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan kondisi operasi suhu 65°C dalam waktu 100 menit mendapatkan yield 94,31%. (Roni dkk, 1998) menggunakan katalis zeolit dalam proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan kondisi operasi suhu 110°C dalam waktu 60 menit dengan hasil yield 70,41% yang lebih kecil dari Savitri dkk (2016) mendapat yield yang lebih besar yaitu 96,09%, menggunakan katalis Al₂O₃ dalam proses transesterifikasi dengan kondisi operasi suhu 65°C, dalam waktu 120 menit.

Penelitian yang akan dilakukan dalam tesis ini adalah memanfaatkan minyak jelantah sebagai bahan baku dengan katalis RFCCU base chemical Al₂O₃ dari Pertamina RU III Plaju yang merupakan katalis yang banyak mengandung unsur Al₂O₃. Proses methanolisis dilakukan dengan variasi suhu, waktu reaksi dan jumlah katalis.

1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana proses methanolisis minyak jelantah menjadi biodiesel dengan variabel waktu, suhu dan jumlah katalis.
2. Apakah proses methanolisis minyak jelantah menjadi biodiesel menghasilkan kualitas biodiesel yang memenuhi standar mutu.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis proses methanolisis pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan variabel waktu reaksi, suhu dan jumlah katalis.
2. Menganalisis kualitas biodiesel yang dihasilkan dengan variabel waktu reaksi, suhu dan jumlah katalis terhadap standar mutu.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai potensi minyak jelantah sebagai penghasil biodiesel dan mengembangkan kegunaan minyak jelantah sebagai sumber energi alternatif.
2. Dengan mengelola limbah minyak goreng menjadi biodiesel dapat membantu program pelestarian lingkungan, juga akan didapatkan nilai tambah ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhari, H. (2016), "Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Dengan Katalis Zink Presipitan Zinc Karbonat: pengaruh waktu reaksi dan jumlah katalis", *Jurnal Teknik Kimia Fakultas Teknik SI, Universitas Riau Pekanbaru*, vol.3, No.2, halaman 1 - 6.
- BPSRI(2016), *Neraca energi Indonesia 2011-2015*.
<https://www.bps.go.id/index.php/publikasi/4361>, tanggal akses 20 Februari 2017.
- Banani, Ridha; yusef, Snoussi, Bezzarga, Mounir and Abderrabba Manef. 2015. *Waste frying oil high level of free fatty acids as one of the prominent sources of biodiesel production*. *J. Matter Environ. Sci* 6 (4), P:178-1185.
- Fassanden (1986), "Kimia Organik Dasar Edisi Ketiga jilid 1, Terjemahan oleh A. Pudjaatmaka". Erlangga .Jakarta
- Geminastiti Maramis Nunuk (2012). "Proses Pembuatan Biodiesel dari minyak jelantah". Pekanbaru Riau.
- Irene A. (2017) "Suka menggoreng dengan minyak jelantah? Ini 4 Bahaya yang Mengintai Anda". Hidup Sehat .Com
- Juan, dkk. (2016). "One Step Production of Biodiesel from Waste Cooking oil Catalysed by SO₃H- Functionalized quaternary Ammonium Ionic Liquid", *Current Esience*, vol. 110, No.11, halaman : 2124 - 2134.
- Karaten.S. (2005), *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Universitas Indonesia Jakarta.
- Kusuma.I.G,B.W., (2003)" Pembuatan Biodiesel dari minyak Jelantah dan Pengujian terhadap Prestasi Kerja mesin Diesel". Poros, volume 6 no 4 2003, halaman 227-234.
- Midiyarti, Muhdarina, Nurhayati (2016)" Kinetika reaksi Transesterifikasi Minyak goreng bekas dengan katalis Heterogen CaO Cangkang kerang Darah(Andara granosa)". Pekanbaru, volume 7 No.1, Oktober 2016.
- Pardede.(2012), *Uji Karakteristik minyak Nyamplung dan Aplikasinya pada kompor tekan*, Intitut Pertanian Bogor, Bogor

- Ruhyat,N, Firdaus .A, (2006),*Analisis Pemilihan Bahan Baku Biodiesel*,DKI Jakarta, Universitas MercuBuana,Jakarta.
- Rofita.E. (2016)."Pemanfaatan Minyak Jelantah sebagai Biodiesel: Kajian Temperatur dan Waktu Reaksi Transesterifikasi".*Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya*, vol. 12 No. 3, halaman 141-150.
- Roni.A, Sulistyio .H. (1998)."Alkoholisis Minyak Biji Kepuh (*Steculia Foetida*) pada Tekanan Lebih dari Satu Atmosfer dengan Katalisator Buangan Proses Perengkahan Minyak Bumi Pertamina Unit III Palembang ".Tesis *BPPS, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta*, Vol. 11, No.3c, halaman 233 - 246.
- Rukmini.A. (2007).*Regenerasi Minyak Goreng Bekas dengan Arang Sekam Menekan Kerusakan Organ Tubuh*, Diakses tanggal 10 Februari 2015.
- Satriana dkk (2012) "Karakteristik Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Jelantah Menggunakan Teknik Kavitas Hidrodinamik", *Jurnal Jurusan Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala Banda Aceh`*
- Savitri. dkk. (2016)` "Membuat Katalis Asam (Ni/Al_2O_3) dan Katalis Basa (Mg/Al_2O_3) untuk Aplikasi Pembuatan Biodiesel dari Bahan Baku Minyak Jelantah".*Jurnal Program Studi kimia , Fakultas Sains & Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*. Vol.2, No.1 ,halaman 1 -10.
- Setiawati.E Edwar,F. (2012), "Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi Nahan Bakar Mesin Diesel". *Jurnal Balai Riset dan Standarisasi Industri dkk* (2011)
- Shi,H. Bao,Z. (2008)" Direct Preparation of Biodiesel from Rapeseed oil leaced by two phase solvent Extraction",*Biore.source Technology* . Vol 99, halaman 9025-9028.
- Sugiyono,dkk. (2013) *Pengembangan Energi dalam mendukung Sektor Transportasi dan Industri Pengolahan Mineral*. Outlook Energy Indonesia. BPPT.
- Swern,D.Editor (1982) "Baeley's Industrial Oil And Fat Products" Edisi ke 4.Vol 2. halaman 130-133 John Wiley and Sons . Newyork.

- Wang, dkk. (2007) "Preparation of Biodiesel from Waste Cooking oil Via Two-Step Catalyzed Process", *Energy and Management* .Vol.48 Issue 1. halaman 184-188.
- Yefri R Saragih, M.said (2009), "Pengaruh Ratio Reaktan dan Waktu Reaksi terhadap Konversi Minyak Jarak Pagar", vol 16, No.3, hal. 45-51.
- Zhang, dkk. (2003). "Biodiesel Production From Waste Cooking Oil 1: Process design and Technological assessment". *Bioresource Technology*. Vol. 89, halaman . 1-16.