



SKRIPSI – TK 141581

**PEMISAHAN *FATTY ACID METHYL ESTHER* DARI
*CRUDE BIODIESEL***

**Tri Maryos Penetang
NRP. 2313 105 030**

**Wisda Anugrah Prasta
NRP. 2313 105 031**

Dosen Pembimbing

**Siti Zullaikah, ST, MT, Ph.D
NIP. 1978 07 16 2008 12 2002**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



FINAL PROJECT – TK 141581

**SEPARATION OF FATTY ACID METHYL ESTER FROM
CRUDE BIODIESEL**

By:

**Tri Maryos Penetang
NRP. 2313 105 030**

**Wisda Anugrah Prasta
NRP. 2313 105 031**

Advisors

**Siti Zullaikah, ST, MT, Ph.D
NIP. 1978 0716 2008 12 2002**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2015**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMISAHAN *FATTY ACID METHYL ESTER* (*FAME*) DARI *CRUDE BIODIESEL*

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi
Sepuluh Nopember Surabaya

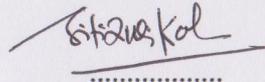
Oleh:

Tri Maryos Penetang
Wisda Anugrah Prasta

NRP. 2313 105 030
NRP. 2313 105 031

Disetujui oleh Tim Penguji Skripsi:

1. Siti Zullaikah, ST, MT., Ph.D
(Pembimbing I)
2. Prof. Dr. Ir. H. M. Rachimoellah, Dipl. EST
(Penguji I)
3. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
(Penguji II)
4. Ir. Ignatius Gunardi, MT
(Penguji III)


.....


.....


.....



Surabaya, Juli 2015

Pemisahan *Fatty Acid Metil Ester* Dari *Crude Biodiesel*

Nama/NRP : 1. Tri Maryos Penetang (2313 105 030)
2. Wisda Anugrah Prasta (2313 105 031)
Jurusan : Teknik kimia
Pembimbing : Siti Zullaikah, ST, MT, Ph.D

ABSTRAK

Pemisahan *fatty acid methyl esters* (FAME) dari *crude* biodiesel dedak padi menggunakan silica gel dikembangkan dalam penelitian ini. *Crude* biodiesel yang digunakan dihasilkan dari air-metanol sub kritis yang masih memiliki banyak *impurities*. Pengaruh suhu *solid liquid extraction* menggunakan silica gel terhadap yield dan konsentrasi FAME serta karakteristik biodiesel akan dipelajari setelah itu dibandingkan dengan SNI biodiesel.

Silica gel ditempatkan di *furnace* pada suhu 150°C untuk menghilangkan seluruh kadar air. Pemanasan ini bertujuan untuk menghilangkan 6% kadar air yang sebelumnya terdapat pada silica gel. Tahap awal penelitian ini adalah proses *coating crude* biodiesel pada silica gel. *Crude* biodiesel dilarutkan dalam n-heksane dan ditambahkan silica gel dengan perbandingan 1: 3 (w/w), diaduk menggunakan *strirrer* pada 300 rpm selama 1 jam, selanjutnya n-heksan dipisahkan dengan *rotary evaporator*. Langkah selanjutnya untuk memisahkan FAME yang bersifat non polar dilakukan *solid liquid extraction* (SLE) menggunakan n-hexane dengan variable suhu operasi 0°C, 27°C (Ambient), 50°C sebanyak 44 *cycles*. Selanjutnya n-heksan dipisahkan

menggunakan *rotary evaporator*. Karakteristik biodiesel diuji dan dibandingkan dengan SNI biodiesel.

Pada penelitian ini, suhu *solid liquid extraction (SLE)* berpengaruh terhadap konsentrasi dan yield FAME. Pada temperature 0°C, 27°C dan 50°C menghasilkan konsentrasi FAME masing-masing sebesar 83,73%, 40,44% dan 33,11% dan yield FAME sebesar 71,23%, 34,87% dan 29,2%. Pada suhu optimum (0°C) produk biodiesel yang diperoleh dilakukan uji densitas, viskositas kinematik, recovery FFA, *flash point*, *pour point* dan *cloud point* dengan hasil masing-masing 0,855 g/ml, 4,906 cSt, 9,76 %, 127,5°C, 12°C dan 15°C, dibandingkan dengan SNI biodiesel.

Kata kunci : *crude biodiesel ; fatty acid methyl ester (FAME)*.

Separation of Fatty Acid Methyl Ester From Crude Biodiesel

Name/NRP : 1. Tri Maryos Penetang (2313 105 030)
2. Wisda A. Prasta (2313 105 031)

Department : Chemical Engineering

Advisor : Siti Zullaikah, ST, MT, Ph.D

ABSTRACT

Separation of fatty acid methyl esters (FAME) of crude biodiesel made by rice bran using silica gel developed in this study. In this method using a crude biodiesel by produced of water-methanol sub-critical, this product have a lot of impurities. The temperature solid liquid extraction using silica gel effect to the characteristics of biodiesel will be systematically studied and will be compared with the standard SNI of biodiesel with ASTM analysis method.

Silica gel was heated in the furnace at the temperature of 150 °C to remove all moisture content. Heating aims to eliminate 6% moisture content previously on silica gel. The early step of this research is the process coating of crude biodiesel to silica gel. Crude biodiesel was dissolved in solvent (n-hexane) and added a silica gel with a ratio of 1 : 3 (w/w), then stirred using stirrer at 300 rpm for 1 hour. Stage evaporation for eliminated a solvent (n-hexane) using a rotary evaporator. The main step is Solid liquid carried extraction (SLE) to separate the FAME (non-polar compound) using n-hexane with variable operating temperature of 0 ° C, 27° C, 50 ° C with 44 number of etraction cycle. Quality biodiesel was tested and compared with the SNI of biodiesel used ASTM standart method.

In this experiment, the Solid liquid extraction (SLE) temperature has an effects to the yield of FAME. At the

temperatures of 0°C, 27° C and 50° getting results yield of FAME is 71,23%, 34,87% and 29,2%. respectively. Based on the analysis of biodiesel according to SNI (Standart Nasional Indonesia) quality, the best quality of biodiesel product obtained at temperatures of 0 ° C with SLE Recovery FFA, density, kinematic viscosity, flash point, pour point and cloud point were respectively of 9.76%, 0.855 g / ml, 4.906 cSt, 127.5 ° C, 12 ° C and 15 ° C.

Keyword : FAME ; crude biodiesel.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penyusunan Laporan Tugas Akhir skripsi yang berjudul “ Pemisahan *Fatty Acid Methyl Ester* Dari *Crude Biodiesel* ” tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir serta penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa tidak mudah untuk menyelesaikannya karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis sehingga melibatkan berbagai pihak secara langsung dan tidak langsung dalam membantu dan membimbing hingga pada pencapaian terakhir penyusunan Tugas Akhir ini. Dengan demikian, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada :

- (1) Orang tua kami yang selalu memberi doa, dukungan, dan motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
- (2) Siti Zullaikah, S.T., M.T., Ph.D sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir penulis di Jurusan Teknik Kimia FTI ITS atas kesediaan dan kesabarannya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama mengerjakan Tugas Akhir;
- (3) Prof. Dr. Ir. H. M. Rachimoellah, Dipl. EST sebagai Kepala Laboratorium yang senantiasa memberi dukungan mengerjakan Tugas Akhir.
- (4) Bapak Marsaid sebagai penanggung jawab Laboratorium Biomassa dan Konversi Energi yang banyak membantu tentang urusan laboratorium.
- (5) Bapak dan Ibu dosen Teknik Kimia ITS yang telah memberi ilmu sehingga dapat diterapkan dalam Tugas Akhir ini;

- (6) Bapak dan Ibu karyawan TU yang telah banyak membantu ;
- (7) Rekan-rekan seperjuangan Tugas Akhir dari d3kkim dan juga teman teman LJ yang sudah membantu dalam bertukar wawasan serta informasi dan memori-memori yang tak terlupakan selama Tugas Akhir;
- (8) Rekan-rekan lab biomassa yang selalu memberi masukan, motivasi dan menghibur dikala jenuh melanda. Terima kasih sudah menjadi bagian dalam mengerjakan Tugas Akhir dan telah baik membantu kami ;
- (9) Semua pihak yang telah membantu namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Layaknya sebuah pepatah “Tiada Gading yang Tak Retak”, penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif sehingga laporan ini dapat diperbaiki dan menjadi lebih baik di kemudian hari. Besar harapan penulis, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi perkembangan pendidikan dan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 15 Juni 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

Judul

Abstrak

Kata Pengantar

Daftar Isi

Daftar Tabel

Daftar Gambar

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang I-1

I.2 Perumusan Masalah I-3

I.3 Tujuan Penelitian I-3

I.4 Manfaat Penelitian I-3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Biodiesel II-1

II.2 Pemisahan *fatty acid methyl ester (FAME)* II-6

II.3 Silika Gel II-8

BAB III METODE PENELITIAN

III.1 Variabel Penelitian III-1

III.2 Bahan dan peralatan yang digunakan III-1

III.3 Prosedur Penelitian III-2

III. 4 Analisa III-2

III.5 Diagram Alir Penelitian III-4

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Pemurnian Crude Biodiesel Menggunakan Silika Gel IV-1

IV.2 Analisa Biodiesel Biodiesel Dari Pemurnian Dengan Silika Gel IV-2

BAB V KESIMPULAN V-1

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR NOTASI

LAMPIRAN A

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel II.1.1 Spesifikasi biodiesel sesuai SNI 04-7182-2006..	II-2
Tabel II.1.2 Metode Uji mutu biodiesel ester alkil.....	II-3
Tabel II.2.1 Efek Impurities pada biodiesel dan mesin	II-6
Tabel IV.1.1 Parameter SNI-04-7182-2006	IV-1
Tabel IV.1.2 Perbandingan Spesifikasi Biodiesel	IV-2
Tabel IV.2.5 Pengaruh Suhu Terhadap <i>Pour Point</i> dan <i>Cloud Point</i>	IV-7

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1.1	Reaksi transesterifikasi minyak nabati dengan alkohol membentuk senyawa ester dan gliserol	II-1
Gambar II.1.2	Perubahan Konstanta Dielektrik Air Sub Kritis terhadap kenaikan temperature. Perbandingan dengan organic solvent pada kondisi ambien.....	II-5
Gambar II.1.3	Diagram Fase air (A), methanol (B), dan CO ₂ (C)	II-6
Gambar III.1	Adsorpsi silica gel pada fase liquid.....	II-8
Gambar III.3	Diagram Alir	III-4
Gambar IV.2.1	Pengaruh Suhu Terhadap Massa Jenis Biodiesel.....	IV-2
Gambar IV.2.2	Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Biodiesel.....	IV-3
Gambar IV.2.3	Pengaruh Suhu Terhadap Titik Nyala Biodiesel.....	IV-4
Gambar IV.2.4.1	Pengaruh Suhu Terhadap <i>Free Fatty Acid</i>	IV-5
Gambar IV.2.4.2	%Recovery FFA Dalam Biodiesel Terhadap Suhu	IV-6
Gambar IV.2.6	Pengaruh Suhu Terhadap Yield	IV-7

DAFTAR NOTASI

No.	Simbol	Keterangan	Satuan
1	Cp	Kapasitas Panas	Kal/gr°C
2	Q	Kalor	Cal
3	T	Suhu	°C
4	m	Massa	Gram
5	W	Berat	Gram

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan kepadatan penduduk terbesar ke-4 di dunia. Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk maka kebutuhan akan bahan bakar juga semakin meningkat. Saat ini sebagian besar sumber energy yang digunakan negara Indonesia berasal dari energy fosil, seperti minyak bumi dan batubara. Padahal jika dilihat dari segi supply Indonesia sudah tidak banyak lagi memproduksi minyak, penurunan kapasitas produksi ini sudah dimulai sejak tahun 1995 dengan penurunan tercepat terjadi sekitar tahun 2002. Karena itulah dibutuhkan alternatif sumber energy yang lebih ramah lingkungan yang dapat mengatasi krisis energy yang semakin lama semakin mengkhawatirkan. Bila berharap pada bahan bakar fosil tentunya kita akan semakin sulit mengimbangi harga minyak dunia yang semakin melambung harganya. Karena pada saat ini Indonesia sudah mulai mengandalkan impor minyak dari negara lain. Tidak lagi sebagai negara pengekspor minyak seperti beberapa tahun lalu. Untuk mencukupi kebutuhan BBM, tiap hari pemerintah melalui Pertamina mengimpor tidak kurang dari US\$ 150 juta minyak dan BBM ketergantungan terhadap bahan bakar fosil memiliki berbagai ancaman serius seperti menipisnya cadangan minyak bumi, kenaikan atau ketidakstabilan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak, dan juga polusi gas rumah kaca terutama gas CO₂ yang ditimbulkan akibat pembakaran bahan bakar fosil.

Indonesia sebenarnya memiliki potensi sumber energy terbarukan dalam jumlah yang besar salah satunya adalah pembuatan biodiesel, akan tetapi pembuatan biodiesel membutuhkan biaya yang cukup besar yaitu sekitar 60-75% produksi biodiesel adalah dari bahan baku (Zullaikah S, 2005).

Untuk menekan biaya maka dilakukan berbagai macam metode pembuatan biodiesel salah satunya dengan metode in-situ subkritis. Tetapi pada pembuatan biodiesel dengan metode subkritis masih banyak terkandung komponen-komponen impuritis yang harus dihilangkan seperti *free fatty acids* (FFA), kandungan air, metanol, gliserid dan gliserol pada crude biodiesel. Untuk menghilangkan impuritis tersebut dalam biodiesel banyak metode yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu diantaranya dengan metode *ion exchange* menggunakan resin, pencucian dengan air dan pemurnian dengan silika gel (Berrios, 2008).

Beberapa penelitian mengenai pemurnian biodiesel dengan menggunakan berbagai macam metode seperti yang dilakukan M. Berrios, dkk (2008) melakukan penelitian purifikasi biodiesel dari minyak goreng dan katalis yang digunakan adalah *sodium methoxide* dengan membandingkan tiga metode yaitu *ion exchange* menggunakan resin, *magnesol work*, pencucian dengan air. Untuk metode *ion exchange*, feed yang digunakan di alirkan melewati kolom yang berisi resin di *glass tube* dan hasil yang ditunjukkan, ion resin memiliki efek yang kecil pada methanol pada beberapa jam pertama dan tidak berefek pada gliserida. Keuntungan menggunakan ion resin yaitu untuk reduksi *free gliserol* didapat sebesar 0,04%. Untuk metode *magnesol work* hampir sama dengan *ion exchange* tetapi feed diletakkan pada reaktor batch dengan adanya pengadukan, eksperimen dilakukan pada temperatur ambient dan dengan variabel perbandingan antara biodiesel dengan magnesol. Pada *magnesol work* tidak mempunyai hasil yang signifikan untuk gliserida, tetapi berpengaruh pada reduksi metanol meskipun efeknya tidak begitu besar. Eksperimen pada *magnesol work* menggunakan sebanyak 0,25% (w/w) konsentrasi magnesol. Metode yang terakhir *water*

washing work yaitu minyak dicuci dengan tiga pencuci air (*deionised, town's water* dan *acidified water*), pencucian dilakukan pada suhu ambient dan 60°C. Ratio campuran tiga air/minyak dan kecepeatan pengaduk digunakan sebagai variabel. Hanya proses ini yang dapat mengurangi keduanya (metanol dan *free* gliserol). Gliserol yang didapat hanya sebesar 0,01 % dalam waktu 10 menit.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Gunawan (2008) tentang pemurnian dengan silika gel diketahui bahwa jumlah FFA teradsorpsi per unit daerah gel silika ditemukan meningkat sebanding dengan luas permukaan silika gel. Karena adsorpsi biasanya merupakan proses eksotermik, sebuah peningkatan suhu ekstraksi akan menghasilkan penurunan komponen polar yang diserap ke gel silika. Penurunan suhu ekstraksi menghasilkan pemisahan yang lebih baik dimana pada penelitian terdahulu dinyatakan bahwa kapasitas utama silika gel umumnya lebih tinggi pada suhu rendah. Penelitian, Chu menemukan bahwa suhu yang lebih rendah menyebabkan lebih tinggi penyerapan vitamin E pada kesetimbangan, menunjukkan bahwa adsorpsi silika terhadap vitamin E adalah proses eksotermik.

Margarita (2011) menjelaskan bahwa adsorpsi adalah operasi yang kuat dan dapat diandalkan untuk pemurnian biodiesel dan adsorben feedstocks. Pada penelitian ini digunakan biodiesel dari *refined cooking oil* dengan kandungan pengotor seperti metanol, air, trigliserid, *free* gliserol. Silika gel yang bersifat hydrophillic yang tampaknya pilihan terbaik, karena sebagian besar kotoran yang tidak diinginkan yang polar. Dalam pengertian ini silika menawarkan kapasitas tinggi saturasi (10-15%) untuk gliserol dan gliserida, dan cukup afinitas untuk sabun, FFA, logam dan garam. Salah satu keuntungan adsorpsi untuk menghilangkan gliserol, gliserida, sabun, fosfatida dan logam dari

biodiesel dan bahan baku, adalah pengurangan limbah, penghematan pencucian, pemisahan minyak-air dan keuntugan pengolahan limbah air lain. Keuntungan lainnya adalah harganya yang relative murah, ketahanan dan kemudahan pengoperasian.

Dari berbagai macam metode diatas yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu, metode pemurnian biodiesel dari dedak padi dengan silika gel merupakan yang paling efektif dilakukan karena silika gel memiliki selektifitas yang cukup tinggi untuk menghilangkan impuritis yang memiliki sifat yang sama dengan FAME yaitu senyawa-senyawa polar yang terdapat pada *crude* biodiesel yang akan kami teliti, seperti tochoperol, tochtotrienol, oryzano dan FFA. Menurut Margarita,2011 keuntungan lainnya yang dapat diperoleh adalah harganya yang relatif murah, ketahanan, kemudahan operasi dan dapat direcycle kembali.

I.2 Perumusan Masalah

Permasalahan dalam proses pemisahan FAME dari *crude biodiesel* yang dihasilkan menggunakan teknologi air-metanol sub kritis adalah kemurnian *crude biodiesel* yang didapat, karena di dalam *crude biodiesel* masih terdapat banyak komponen-komponen lain yang mempengaruhi kualitas biodiesel sehingga memerlukan pemisahan FAME menggunakan silica gel. Maka dari itu diteliti efektifitas pada saat solid-liquid ekstraksi berdasarkan temperature pada saat ekstraksi.

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh temperature *solid-liquid ekstraksi* pada proses pemisahan terhadap konsentrasi FAME menggunakan silika gel.

2. Mempelajari pengaruh temperature *solid-liquid ekstraksi* pada proses pemisahan terhadap karakteristik biodiesel sesuai dengan standart SNI biodiesel.

I.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi metode alternatif dalam memisahkan FAME dari *crude biodiesel*, sehingga bisa didapatkan biodiesel yang sesuai dengan standar nasional Indonesia (SNI) dengan metode analisa ASTM.

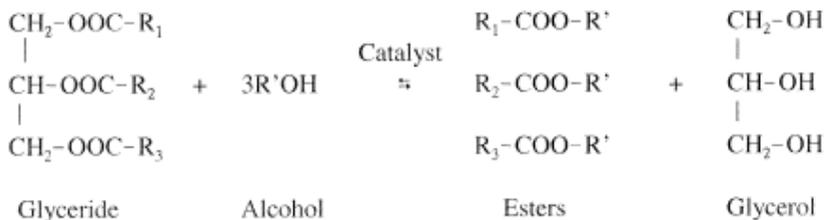
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan yang memiliki unsur utama *fatty acids methyl esters* (FAME) yang dibuat dari transesterifikasi gliserida dengan metanol (Van Gerpen, 2005). Biodiesel sendiri tidak beracun, *biodegradable*, gas buang emisinya rendah dan juga ramah lingkungan (Chen YH, 2011). Biodiesel didapat dari berbagai macam sumber termasuk minyak nabati, lemak hewani dan limbah minyak, sebagian besar produksi biodiesel menggunakan minyak nabati. Sekitar 60-75% produksi biodiesel adalah dari bahan baku. Akan tetapi, biaya biodiesel secara signifikan lebih tinggi dari petrodiesel (Zullaikah S, 2005).

Pada umumnya metode pembuatan biodiesel secara konvensional yaitu dengan menggunakan reaksi transesterifikasi. Transesterifikasi merupakan reaksi dimana sebuah molekul trigliserida yang merupakan sebuah ester, bereaksi dengan alkohol membentuk monoesters (biodiesel) dan gliserol (Gerpen, 2005). Katalis biasanya digunakan untuk meningkatkan laju reaksi dan yield.



Gambar II.1.1. Reaksi Transesterifikasi Minyak Nabati Dengan Alkohol Membentuk Senyawa Ester & Gliserol (Ma dan Hanna, 1999)

Biodiesel yang belum di *treatment* mengandung berbagai impuritis : *free glycerol, soap, metals, metanol, free fatty acid* (FFA), air, katalis dan gliserida. Metil ester tidak dapat diklasifikasikan sebagai biodiesel sampai standar spesifikasi tercapai. Umur mesin dapat berkurang dengan adanya pengotor yang tinggi pada biodiesel. Tabel II.2.1 menunjukkan efek dari tiap impuritis (Berrios, 2008).

Tabel II.2.1. Pengaruh Pengotor-Pengotor Pada Biodiesel Dan Mesin

Pengotor	Pengaruh
Free fatty acid (FFA)	Korosif Stabilitas oksidasi rendah
Air	Hidrolisis (Pembentukan FFA) Berkembangnya bakteri (Penyumbatan Filter)
Metanol	Densitas dan viskositas rendah <i>Flash point</i> kecil (Pengiriman, penyimpanan dan penggunaannya bermasalah) Korosif terhadap lempeng Al dan Zn.
Gliserida	Viskositas Tinggi Penyumbatan pada injektor (Residu karbon) Terbentuk kristal
Logam berat (soap,katalis)	Penyumbatan pada injektor (Residu karbon) Penyumbatan Filter (Abu Sulfat) Melemahnya Mesin
Gliserol	Pengendapan yang bermasalah Meningkatnya emisi <i>aldehydes</i> dan <i>acrolein</i>

Biodiesel yang dibuat haruslah standar yang berlaku (SNI) agar dapat dipakai dalam mesin diesel, berikut akan ditampilkan spesifikasi biodiesel sesuai SNI :

Tabel II.1.1. Spesifikasi Biodiesel Sesuai SNI 04-7182-2006

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 – 890
2	Viskositas kinematik pd 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana		min. 51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	min. 100
5	Titik kabut	°C	maks. 18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		maks. no 3
7	Residu karbon - dalam contoh asli, atau - dalam 10 % ampas distilasi	%-massa	maks 0,05 maks. 0,30
8	Air dan sedimen	%-vol.	maks. 0,05*
9	Temperatur distilasi 90 %	°C	maks. 360
10	Abu tersulfatkan	%-massa	maks.0,02
11	Belerang	ppm-m (mg/kg)	maks. 100
12	Fosfor	ppm-m (mg/kg)	maks. 10
13	Angka asam	mg-KOH/g	maks.0,8
14	Gliserol bebas	%-massa	maks. 0,02
15	Gliserol total	%-massa	maks. 0,24
16	Kadar ester alkil	%-massa	min. 96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100 g)	maks. 115
18	Uji Halphen		Negatif
Catatan dapat diuji terpisah dengan ketentuan kandungan sedimen maksimum 0.01 %-vol			

Berikut metode uji mutu pada biodiesel :

Tabel II.1.2. Metode Uji Mutu Biodiesel Ester Alkil

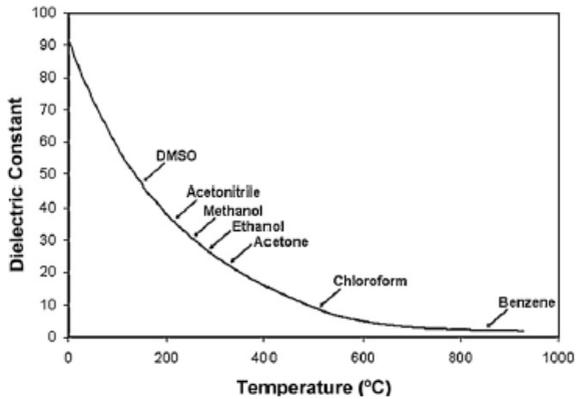
Parameter	Metoda uji
Massa jenis pada 40 °C	ASTM D 1298
Viskositas kinematik pd 40 °C	ASTM D 445
Angka setana	ASTM D 613
Titik nyala (mangkok tertutup)	ASTM D 93
Titik kabut	ASTM D 2500
Korosi tempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)	ASTM D 130
Residu karbon (mikro) - dalam contoh asli - dalam 10 % ampas distilasi	ASTM D 4530
Air dan sedimen	ASTM D 2709 atau ASTM D-1796
Temperatur distilasi 90 %	ASTM D 1160
Abu tersulfatkan	ASTM D 874
Belerang	ASTM D 5453 atau ASTM D-1266
Fosfor	AOCS Ca 12-55
Angka asam	AOCS Cd 3d-63 atau ASTM D-664
Gliserol bebas	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D-6584
Gliserol total	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D-6584
Kadar ester alkil	Dihitung*
Angka iodium	AOCS Cd 1-25
Uji Halphen	AOCS Cb 1-25
Catatan Kadar ester (%-massa) = $\frac{100(A_s - A_a - 4,57G_{gl})}{A_s}$ dengan pengertian: A_s adalah angka penyabunan yang ditentukan dengan metoda AOCS Cd 3-25, mg KOH/g biodiesel A_a adalah angka asam yang ditentukan dengan metoda AOCS Cd 3-63 atau ASTM D-664, mg KOH/g biodiesel. G_{gl} adalah kadar gliserol total dalam biodiesel yang ditentukan dengan metoda Ca 14-56, %-massa.	

Berbagai proses produksi biodiesel terus dikembangkan untuk mendapatkan biodiesel dengan kemurnian yang tinggi, murah, efisien dan ramah lingkungan. Metode in situ

diperkenalkan untuk mempersingkat dan menyederhanakan proses produksi biodiesel dari dedak padi sehingga lebih efektif dan efisien. Özgül-Yücel and Türkyay (2002) telah mempelajari pengaruh kandungan FFA di dedak padi pada proses in-situ esterifikasi dengan kondisi operasi sebagai berikut: 50 g dedak padi, 5 mL asam sulfat, 200 mL methanol, dan suhu 65 °C selama 30 min. Kandungan FAME di produk adalah 57.6, 71.0 dan 77.1 % untuk dedak padi dengan kandungan awal FFA masing-masing 16.6, 37.3 dan 45.2 and 84.5%. Namun, analisa produk tentang nilai yieldnya tidak dilaporkan.

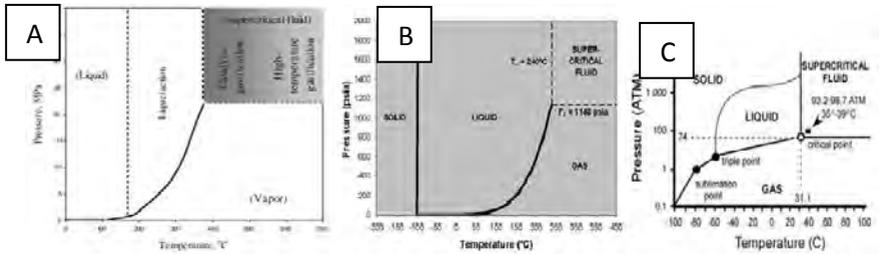
Penggunaan teknologi air sub kritis mulai dikembangkan dalam proses produksi biodiesel, baik dalam proses ekstraksi , ataupun sebagai medium reaksi berkatalis. Yi –Hsu Ju dkk (2012) melakukan sintesis biodiesel dengan menggunakan air–methanol sub kritis. Dengan menggunakan 1 gr minyak kedelai dicampur dengan air dan methanol 24 gr, dengan suhu reaksi 175 °C dan tekanan sebesar 3.5 MPa didapatkan bahwa dengan waktu reaksi selama 4 jam konversi mencapai 64 % sementara untuk waktu reaksi selama 8 jam, konversi FAME dapat mencapai 95 %. Air memainkan peranan penting pada proses transesterifikasi dibawah kondisi sub kritis. Semakin besar kandungan air , maka konversi FAME akan semakin menurun. Dengan kandungan air sebesar 80% berat , 64% konversi FAME didapatkan.

Teknologi air sub kritis merupakan teknologi ramah lingkungan yang secara luas dapat diaplikasikan dalam proses ekstraksi, dan hidrolisis dari senyawa organik. Kemampuan air sub kritis sebagai solvent berkaitan dengan polaritas air yang dapat di atur. Polaritas air sub kritis dapat di ukur dari nilai konstanta dielektrik (Carr dkk, 2011) . Saat temperature air meningkat di atas 100 °C, konstanta dielectric air menjadi hampir sama dengan organic solvent pada kondisi ambien seperti terlihat pada Gambar II.2.



Gambar II.1.2. Perubahan Konstanta Dielektrik Air Sub Kritis terhadap kenaikan Temperature. Perbandingan Dengan Organik Solvent Pada Kondisi Ambient (Carr dkk,2011)

Produk ionik air (K_w) relatif tinggi pada range kondisi sub kritis (10^{-12} dibandingkan dengan 10^{-14} pada kondisi ambient). Tingginya kandungan ion H^+ dan OH^- pada kondisi sub kritis dapat digunakan untuk mempercepat reaksi berkatalis, baik katalis asam maupun basa seperti hidrolisis biomassa. Densitas air sub kritis berkisar antara densitas pada kondisi ambient dan pada kondisi super kritis. Meskipun pada suhu tinggi, kompresibiliti air sub kritis masih rendah. Densitas yang relatif tinggi dikombinasi dengan konstanta disosiasi yang tinggi, air sub kritis mendukung terjadinya reaksi ionic (Toor dkk,2011).



Gambar II.1.3. Diagram Fase air (A) , methanol (B) dan CO₂ (C)

II.2. Pemisahan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) Dari Crude Biodiesel

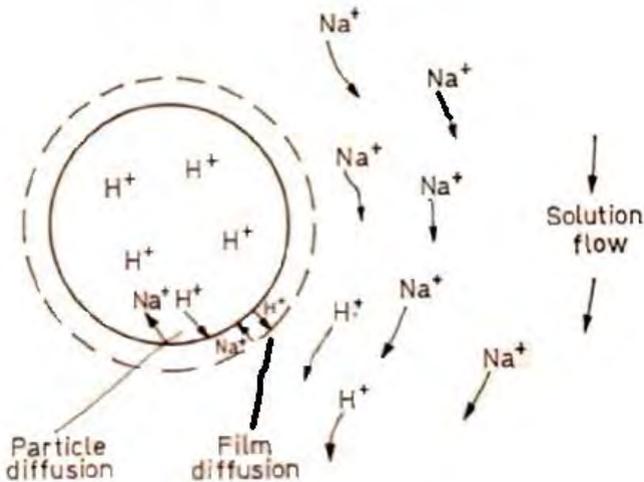
Metil ester tidak dapat diklasifikasikan sebagai biodiesel sampai standar spesifikasi tercapai. Biodiesel yang belum di *treatment* mengandung berbagai impuritis : *free glycerol, soap, metals, metanol, free fatty acid* (FFA), air, katalis dan gliserida. Umur mesin dapat berkurang dengan adanya pengotor yang tinggi pada biodiesel. Untuk proses pemurnian crude biodiesel dari pengotornya ada berbagai metode yang digunakan, antara lain :

1. *Water Washing* (Pencucian dengan air) :

Pencucian crude biodiesel dengan air merupakan cara tradisional untuk menghilangkan pengotor. Soap dan gliserin dihilangkan dengan mencucinya dengan air. Hal ini melibatkan pencampuran air dengan biodiesel, mengaduknya dengan perlahan dan biarkan kedua campuran ini terpisah. Soap dan gliserin yang ter-ekstrak ke dalam fase air kemudian dipisahkan dari larutan (Jacob, 2009). Akan tetapi pencucian biodiesel dengan air menimbulkan banyak masalah yaitu banyaknya jumlah air yang diperlukan dan harus di *treatment* terlebih dahulu sebelum dibuang, setelah pencucian biodiesel harus dikeringkan terlebih dahulu (*energy cost* meningkat).

2. Ion Exchange :

Ion exchange adalah proses menghilangkan pengotor dengan menukar ion dari bahan ion exchange yang digunakan. Pertukaran ion dapat digunakan untuk menghilangkan soap dari biodiesel dengan bertukar ion hidrogen dari bahan ion exchange untuk natrium atau ion kalium pada molekul sabun. Adsorpsi ini melepaskan ion muatan yang sama dari bahan pertukaran ion dalam cairan. Pada Gambar II.2.1. dapat dilihat sebuah lapisan film difusi mengelilingi pertukaran partikel ion yang tersuspensi dalam cairan homogen. Dalam adsorpsi pertukaran ion, ion natrium berdifusi dari fluida cairan ke dalam lapisan film dan kemudian ke partikel pertukaran ion. Ion-ion natrium dipertukarkan dengan ion hidrogen dari ion exchange. Ion hidrogen berdifusi dari dalam lapisan film dan kemudian ke aliran fluida (Arden, 1968).



Gambar II.2.1. Mekanika Proses Ion Exchange

3. Adsorpsi

Adsorben solid terbukti berhasil menghilangkan pengotor dari biodiesel. Magnesium silika dan silika gel adalah material

yang biasa digunakan (Kucek et al, 2007). Adsorpsi adalah penghilangan pengotor yang larut dengan *chemical action*. Pori-pori pada adsorben berfungsi untuk menarik pengotor. Adsorpsi dapat digunakan untuk menghilangkan soap yang terlarut dan gliserin. Soap dan gliserin yang terekstrak ke dalam silika dapat diregenerasi dengan pencucian metanol (Jacob, 2009).

4. Teknologi Dengan Menggunakan Membran

Pada dasarnya, membran semi permeabel memisahkan larutan dengan membiarkan beberapa campuran komponen melewati bagian membran dengan cara yang selektif. Membran dapat berupa homogen atau heterogen, simetris atau asimetris dalam bentuknya, solid atau liquid, dan dapat membawa muatan positif atau negatif, netral atau bipolar. Transportasi melalui membran dapat dipengaruhi oleh konveksi atau difusi molekul individu, yang disebabkan oleh perbedaan konsentrasi, tekanan dan temperatur (Atadashi, 2011).

M. Berrios, dkk (2008) melakukan penelitian purifikasi biodiesel dengan membandingkan tiga metode yaitu *ion exchange* menggunakan resin, *magnesol work*, Pencucian dengan air. Untuk metode *ion exchange* hasil yang ditunjukkan ion resin memiliki efek yang kecil pada methanol pada beberapa jam pertama dan tidak berpengaruh pada gliserida. Keuntungan menggunakan ion resin yaitu untuk reduksi *free* gliserol didapat sebesar 0,04%. Untuk metode *magnesol work* hampir sama dengan *ion exchange*, tidak mempunyai hasil yang signifikan untuk gliserida, tetapi berpengaruh pada reduksi metanol meskipun efeknya tidak begitu besar. Eksperimen pada *magnesol work* menggunakan sebanyak 0,25% (w/w) konsentrasi magnesol. Metode yang terakhir *water washing work*, hanya proses ini dapat mengurangi keduanya (metanol dan *free* gliserol). Gliserol yang didapat hanya sebesar 0,01 % dalam waktu 10 menit.

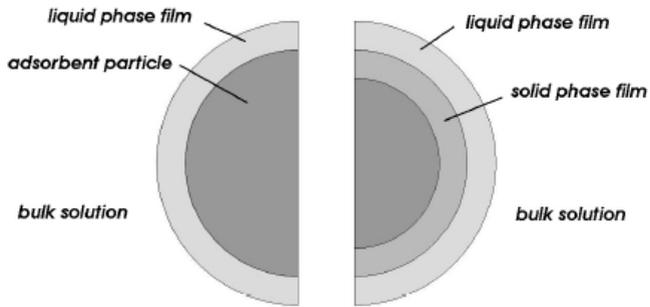
Margarita (2011) menjelaskan bahwa adsorpsi adalah operasi yang kuat dan dapat diandalkan untuk pemurnian

biodiesel dan adsorben feedstocks. Hydrophillic yang tampaknya pilihan terbaik, karena sebagian besar kotoran yang tidak diinginkan yang polar. Dalam pengertian ini silika menawarkan kapasitas tinggi saturasi (10-15%) untuk gliserol dan gliserida, dan cukup afinitas untuk sabun, FFA, logam dan garam. Salah satu keuntungan adsorpsi untuk menghilangkan gliserol, gliserida, sabun, fosfatida dan logam dari biodiesel dan bahan baku, adalah pengurangan limbah, penghematan pencucian, pemisahan minyak-air dan keuntungan pengolahan limbah air lain. Keuntungan lainnya adalah harganya yang relative murah, ketahanan dan kemudahan pengoperasian.

II.3 Silika Gel

Adsorben lain yang umum digunakan adalah silika, tunggal atau bersama-sama dengan tanah liat (*clays*), penggunaan keduanya dapat memberikan hasil yang baik, karena silika menyerap senyawa polar dan tanah liat lebih cocok untuk senyawa organik. Treatment dengan silika telah semakin luas dan silika untuk penyulingan minyak nabati sesuai dengan aplikasi ini, sehingga mengarah ke coining istilah "pemurnian silika" (Welsh et al., 1990).

Dari penelitian yang dilakukan oleh Gunawan (2008) tentang pemurnian dengan silika gel diketahui bahwa jumlah FFA teradsorpsi per unit daerah gel silika ditemukan meningkat sebanding dengan luas permukaan silika gel. Karena adsorpsi biasanya merupakan proses eksotermik, sebuah peningkatan suhu ekstraksi akan menghasilkan penurunan komponen polar yang diserap ke gel silika. Penurunan suhu ekstraksi menghasilkan pemisahan yang lebih baik dimana pada penelitian terdahulu dinyatakan bahwa kapasitas utama silika gel umumnya lebih tinggi pada suhu rendah. Penelitian, Chu menemukan bahwa suhu yang lebih rendah menyebabkan lebih tinggi penyerapan vitamin E pada kesetimbangan, menunjukkan bahwa adsorpsi silika terhadap vitamin E adalah proses eksotermik (Gunawan, 2008).

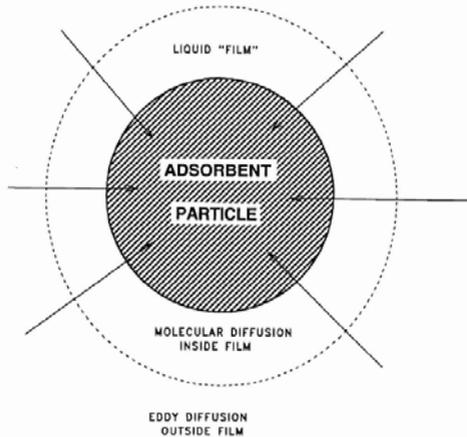


Gambar II.3.1. Adsorpsi Silika Gel Pada Fase Liquid

Kondisi untuk pemurnian silika yang optimal dapat diringkas sebagai berikut: (i) suhu minyak dinaikkan ke 70-90 ° C. (ii) Silika ditambahkan pada vessel bertekanan atmosfer yang mengandung minyak. (iii) Kadar air minyak dikurangi menjadi 0,2-0,5% dengan penguapan, terutama pada keadaan vacuum. (iv) Waktu kontak antara silika dan minyak harus 10-15 menit. (v) air dalam minyak memainkan peran penting dalam mekanisme untuk mengangkut senyawa polar dari minyak ke silika, di mana mereka terjebak. Selama proses vacuum drying air dihapus dari silika dan berat berkurang bahkan 40% dari nilai aslinya; ukuran padatan juga berkurang dan begitu juga beban pada filter, yang kemudian dapat dioperasikan pada debit filtrasi yang lebih tinggi dan siklus filtrasi lebih lama. Untuk penghilangan sabun, garam dan logam, adsorpsi pada adsorben silika tampaknya cara yang paling cocok. (Welsh et al., 1990).

Proses adsorpsi menggunakan interaksi yang mirip dengan ikatan Van Der Waal, untuk menarik dan mengikat molekul zat terlarut ke permukaan adsorben. Ikatan Van der Waal dibentuk oleh serangkaian kekuatan yang saling menarik untuk mencapai titik keseimbangan ketika adsorpsi terjadi. Ikatan adsorpsi terjadi ketika ada gradien konsentrasi antara cairan dan

adsorben. Ikatan ini lemah dan dapat dibalik dengan mencuci adsorben dengan pelarut bersih (Cooney, 1998).



Gambar II.3.2. Mekanisme Adsorpsi Fisik

Gambar II.3.2. menggambarkan mekanisme adsorpsi fisik. Dalam gambar ini dapat dilihat bahwa partikel adsorben dikelilingi oleh lapisan cairan film. Molekul-molekul zat terlarut pertama harus berdifusi ke dalam lapisan cairan film dan kemudian mentransfer ke permukaan partikel adsorben. Difusi dari cairan didorong oleh perbedaan konsentrasi. Jika cairan memiliki konsentrasi yang relatif tinggi zat terlarut, difusi akan terjadi terhadap partikel dan adsorpsi akan terjadi. Jika konsentrasi zat terlarut tinggi pada partikel, maka akan terjadi desorpsi. Desorpsi adalah proses yang digunakan untuk meregenerasi material adsorben (Cooney, 1998).

BAB III METODE PENELITIAN

III.1 Variabel Penelitian

Penelitian pemisahan FAME (*fatty acid metil ester*) dari *crude biodiesel* dilakukan melalui dua tahapan proses, tahap pertama adalah proses *coating* dan tahap kedua adalah *Solid-liquid extraction (SLE)* dan *Evaporation* :

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Variabel Tetap.
Pada tahapan proses *coating* rasio *crude biodiesel* : silica gel ditetapkan 1/3 (w/w).
- Variabel Berubah.
 1. Pada tahapan proses *Solid-liquid extraction (SLE)* variable yang digunakan adalah temperature 0 °C, 27 °C (*Ambient*), 50 °C.
- Variabel Respon.
 1. Total FAME yang diperoleh dari *crude biodiesel*
 2. Yield dan karakteristik FAME yang dihasilkan.

III.2. Bahan dan peralatan yang digunakan

▪ Bahan

1. *Crude biodiesel* dari proses pembuatan biodiesel air-metanol subkritis
2. Hexane dari Brataco Surabaya
3. Silika Gel
 - *Particel Size* : 60 – 200 µm
 - *Pore Size* : 60 Amstrong
 - pH : 7
 - *Water Content* : 6 %
 - *Spesific Surface Area* : 500 m²/g

- **Peralatan**

1. *Rotary Vacuum Evaporator*
2. *Thin layer chromatography (TLC)*

III.3 Prosedur Penelitian

1. Pembuatan biodiesel dengan proses air-metanol subkritis : Dedak padi (5 gr) , air (20 ml) dan methanol (20 ml) ditambahkan ke dalam reactor. Proses pemanasan reactor dilakukan mencapai suhu reaksi yang diinginkan. Gas CO₂ digunakan untuk meningkatkan tekanan dalam reactor berkisar pada 40 bar. Setelah waktu reaksi tercapai (7 jam), reaksi dihentikan dan dilakukan proses pendinginan. Produk diekstraksi dengan menggunakan n-hexane sebanyak 5 kali. Fase terlarut n-hexane dipisahkan dan kemudian dimasukkan kedalam *rotary vacuum evaporator* untuk mendapatkan biodiesel. Pengovenan dilakukan pada suhu 60°C C untuk memastikan hexane telah teruapkan semua. Produk disimpan untuk selanjutnya dianalisa.
2. Pemisahan FAME dari crude biodiesel dengan *solid-liquid extraction (SLE)*: Sebelumnya silika gel ditempatkan di furnace pada suhu 150°C untuk menghilangkan kadar air. Sebanyak 4 g crude biodiesel dilarutkan ke dalam 10 ml pelarut n-hexane. Larutan dimasukkan ke dalam round-bottom flask pada suhu ruang, kemudian ditambahkan silika gel sebanyak 12 (g). Campuran diaduk dengan menggunakan strirrer pada 300 rpm selama 1 jam. Kemudian pelarut dipisahkan menggunakan rotary evaporator. Langkah selanjutnya untuk memisahkan biodiesel yang bersifat non polar maka ditambahkan n-hexane dan dilakukan ekstraksi hingga semua biodiesel terekstrak. Dilakukan analisa *thin layer chromatography (TLC)* pada setiap ekstraksi untuk memastikan bahwa semua FAME dapat terekstrak. Perhitungan kandungan FAME dilakukan secara spektroskopi dan dilanjutkan tahap analisa untuk mengetahui karakteristik biodiesel sesuai dengan SNI.

III.4 Analisa

- a. Analisa Asam Lemak Bebas / FFA dengan metode titrasi sesuai dengan AOCS official method Ca 5a-40 yang telah dimodifikasi seperti pada penelitian yang telah dilakukan oleh Rukunudin dkk, 1998.
- b. Tabel 3.7.1 Data Ukuran Sampel dan Konsentrasi Reagen yang Digunakan dalam Metode Perhitungan FFA Termodifikasi.

Sample Size and Reagent Concentrations Used in the Modified Method

FFA range ^a (%)	Weight of oil sample (g)	Volume of ethyl alcohol (mL)	Normality of NaOH (N)
0.01–0.2	5.64	5.0	0.013
0.20–1.0	2.82	5.0	0.013
1.00–30.0	0.70	7.5	0.031
30.00–50.0	0.70	10.0	0.13
50.00–100.0	0.35	10.0	0.125

^aFFA, free fatty acid.

Prosedur analisa FFA yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Sebanyak 0,7 gram minyak di tambahkan ke dalam erlenmeyer. Ethanol 7,5 ml ditambahkan ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya larutan dipanaskan hingga suhu 50°C disertai pengadukan. Indikator PP dimasukkan sebanyak 3 tetes. Titrasi dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH x N hingga larutan berwarna merah jambu.

$$\% FFA = \frac{[Volume\ alkali\ (ml) - Volume\ blanko\ (ml)] \times N\ alkali \times 28,2}{Massa\ sampel\ (gram)}$$

- c. Analisa yield biodiesel

$$Yield = \frac{[Produk\ dalam\ botol\ (gr) - Botol\ sampel\ kosong\ (gr)]}{Massa\ sampel\ (gram)} \times 100\ %$$

- d. Analisa yield FAME (biodiesel) dengan menggunakan Gas Chromatografi.

Kandungan FAME dan bioetanol di setiap sampel ditentukan dengan GC tipe HP 5890 Series produksi Hewlett-Packard Inc. Sampel 0,02 gr diencerkan dengan 1 ml heksan. Kemudian sampel diinjeksikan ke dalam GC. Kolom GC yang digunakan adalah kolom Ov-17. Temperatur injektor dan detektor diset pada suhu 125⁰C, meningkat 15⁰C/menit sampai 275⁰C dan dipertahankan pada suhu 275⁰C selama 10 menit. Kecepatan gas pembawa 28 ml/ menit pada suhu 200⁰C.

$$FAME\ yield\ (\%) = \frac{\text{berat produk (g)} \times \text{kandungan FAME (\%)}}{\text{berat minyak dedak padi (g)}} \times 100$$

- e. Analisa Viskositas ASTM D 7279

Pertama menyalakan peralatan kompresor pada listrik, alat dan heater. Kedua memastikan solvent pencuci(xylene) tersedia. Ketiga memastikan temperature dalam batch mencapai 40⁰C. Keempat memasukkan sampel dengan mikropipet sebanyak 60 μL kedalam viscometer. Kelima menunggu hasil viscosity kinematic pada monitor dan melakukan pencatatan.

- f. Analisa Flash Point (ASTM D-93)

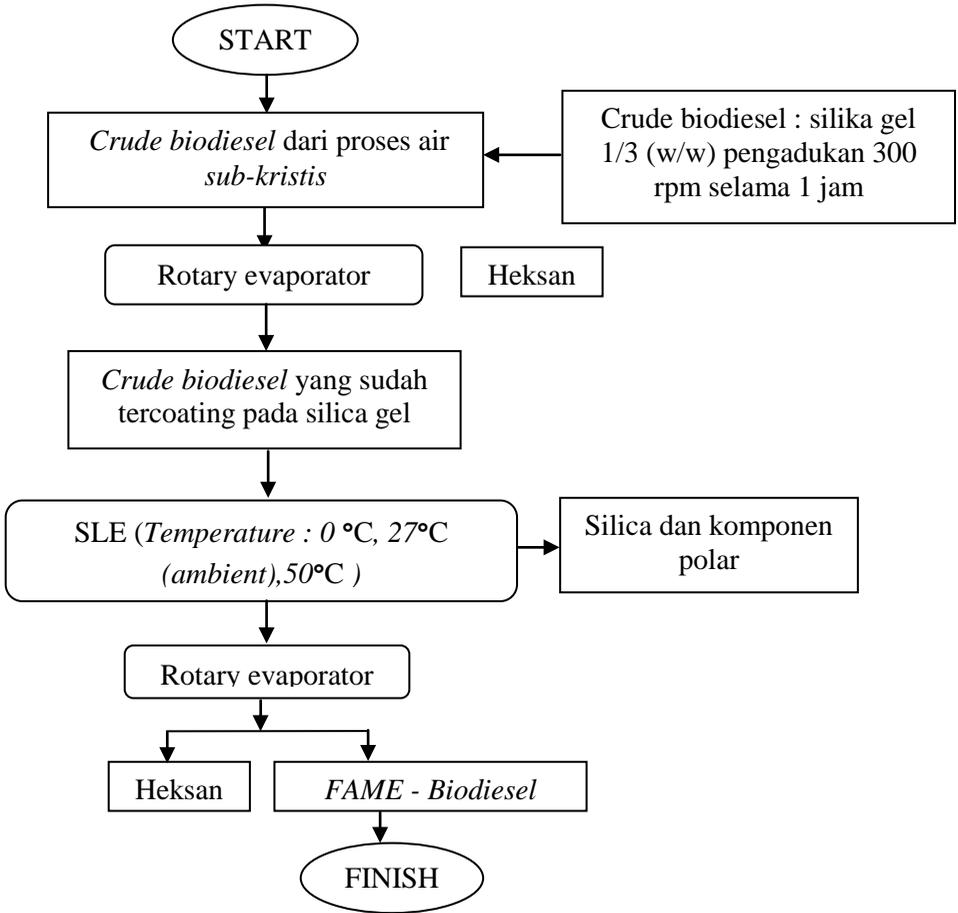
Analisa dilakukan dengan menggunakan alat pengukur flash point jenis 'closed cup' dimana sampel sejumlah kurang lebih 80 ml dimasukkan kedalam cup tertutup dan diaduk kemudian api digerakkan sebagai indicator flash pointnya dengan range suhu tertentu. Ketika flash point tercapai, api akan tertarik dalam cup dan mati. Kemudian hasil akan muncul pada layar display.

- g. Analisa Pour Point (ASTM D-97)

Analisa menggunakan alat yang disebut Seta Cloud and Pour Point Refrigerant Unit dimana tabung yang berisi sampel

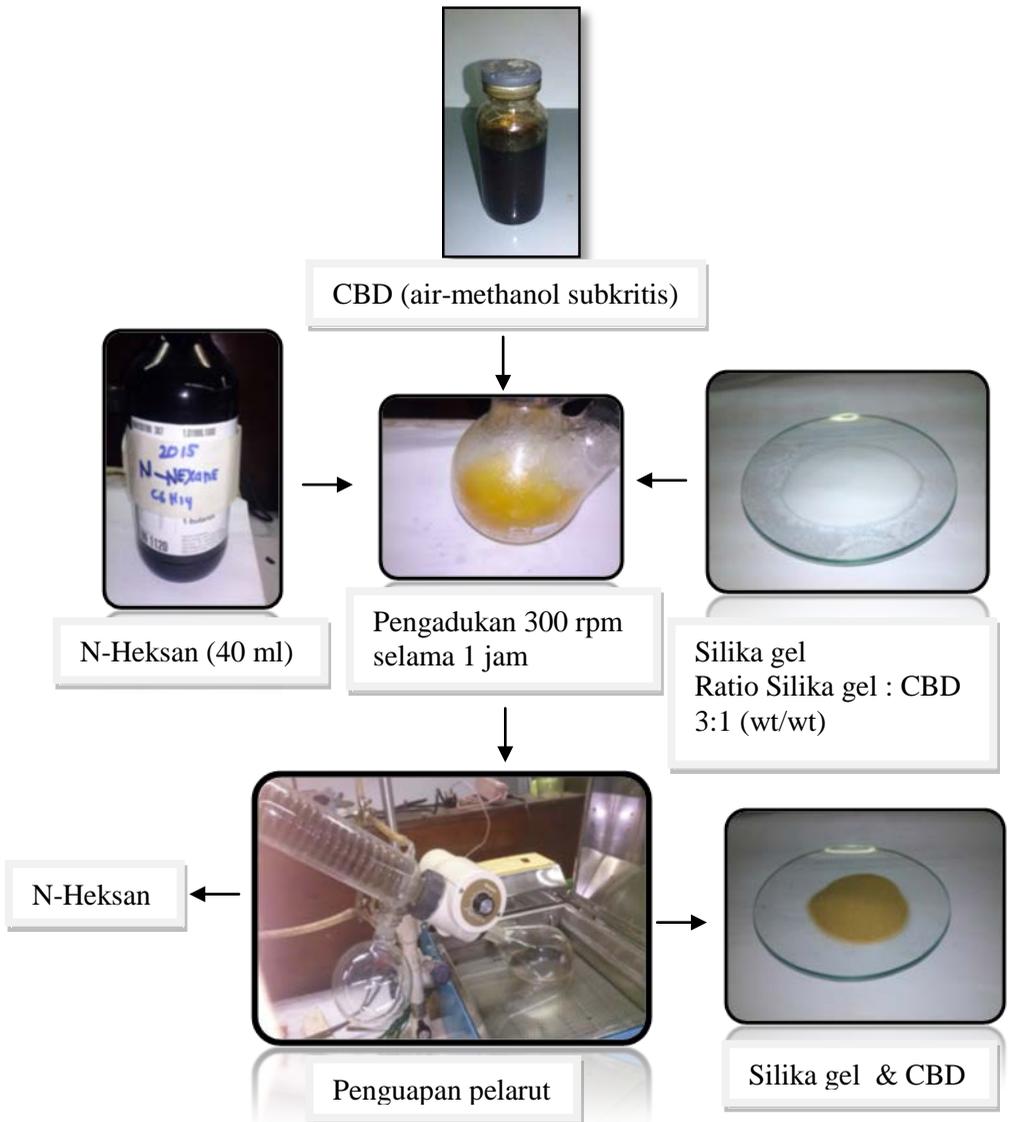
dimasukkan kedalam ruang sampel yang didinginkan hingga suhu dimana sampel tidak dapat dituang, suhu inilah yang kemudian disebut pour point.

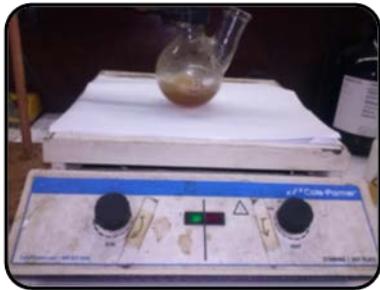
III.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar III.3. Diagram Alir

III.6 Pemisahan FAME





Solid liquid extraction (SLE)

Pelarut : n-Heksan

Banyak cycle : 44 cycle

Temperature :

1. 0°C
2. 27°C
3. 50°C



N- Heksan & Biodiesel



Penguapan pelarut

N-Heksan



FAME

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan dan komposisi biodiesel sangat bervariasi tergantung dari berbagai faktor seperti *treatment* bahan baku, metode pembuatan biodiesel dan katalis yang digunakan. *Crude* biodiesel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil proses pembuatan air-metanol subkritis dari dedak padi. Tetapi *crude* biodiesel masih mengandung impuritis yang dapat menyebabkan masalah saat penggunaan dalam mesin dan penyimpanan (Jacob, 2009). Beberapa contoh impuritis yang dapat berpengaruh pada biodiesel dan mesin yaitu *free fatty acid* (FFA), metanol, gliserid, dan *free* gliserin (Berrios, 2008).

Metode yang digunakan untuk memisahkan *fatty acids methyl ester* (FAME) dari *crude* biodiesel yaitu menggunakan silika gel sebagai media untuk mengikat senyawa-senyawa polar yang terdapat pada *crude* biodiesel, seperti tochoferol, tochtotrienol, oryzanol, FFA dapat dihilangkan dari *crude* biodiesel.

IV.1. Pemisahan Fatty Acids Methyl Ester (FAME) Menggunakan Silika Gel

Pada penelitian ini, digunakan silika gel untuk memisahkan *fatty acid methyl ester* (FAME) dari *crude* biodiesel secara *solid-liquid extraction* (SLE). Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh temperatur *solid-liquid extraction* terhadap proses pemisahan FAME dari *crude* biodiesel dan membandingkannya dengan standart biodiesel pada SNI. Hasil uji Densitas, viskositas kinematik, *pour point*, *cloud point* dan *flash point* dari produk dan *crude* biodiesel dibandingkan dengan biodiesel standar SNI pada Tabel IV.1 dan Tabel IV.2 dibawah ini.

Tabel IV.1. Perbandingan Spesifikasi Crude Biodiesel

Parameter	SNI 04-7182-2006	Crude biodiesel
		dedak padi
Densitas pada 40 ⁰ C (g/ml)	0,850 – 0,890	0,883
Viskositas kinematik pada 40 ⁰ C (cSt)	2,3 – 6	6,321
FFA (%)	-	50,94 %

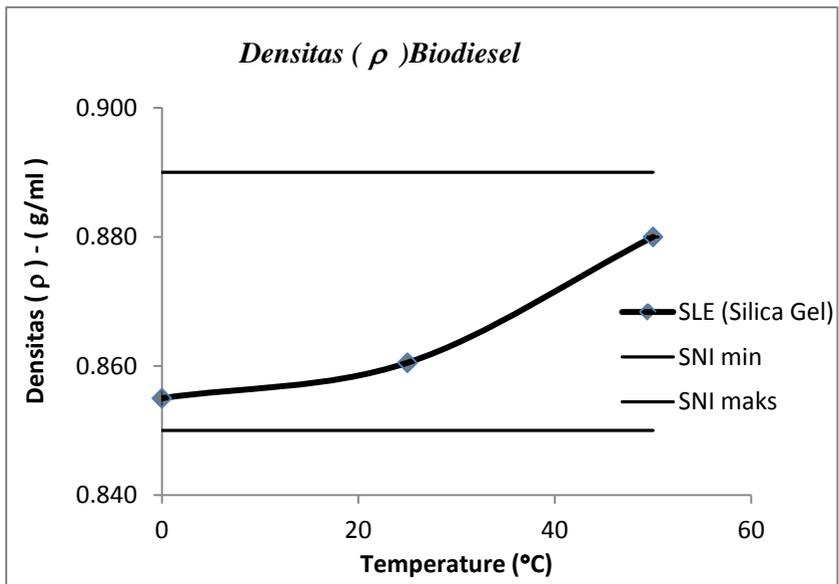
Tabel IV.2. Perbandingan Spesifikasi Produk Biodiesel

Parameter	SNI 04-7182-2006	Biodiesel Dedak padi		
		0 °C	Ambient (27°C)	50 °C
Densitas pada 40 ⁰ C (g/ml)	0,850 – 0,890	0,855	0,861	0,88
Viskositas kinematik pada 40 ⁰ C (cSt)	2,3 – 6	4,906	5,551	7,785
<i>Flash point</i> (°C)	≥100	127,5	142,2	151
<i>Pour point</i> (°C)	≤15	12	12	12
<i>Cloud point</i> (°C)	≤18	15	15	15

IV.2. Pengaruh Perubahan Suhu Pada Sifat - Sifat Biodiesel

IV.2.1. Pengaruh Suhu Terhadap Massa Jenis

Massa jenis adalah perbandingan berat dari suatu volume contoh dengan berat air pada volume dan suhu yang sama (Ketaren,1986). Pengaruh Suhu terhadap massa jenis ditampilkan pada Gambar IV.2.1 Dimana hasil massa jenis didapat dengan menggunakan metode ASTM D-1298.



Gambar IV.2.1. Pengaruh Suhu Terhadap Massa Jenis Biodiesel

Pada Gambar IV.2.1 Terlihat bahwa seiring dengan naiknya suhu, massa jenis juga mengalami kenaikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa jenis biodiesel terendah pada suhu 0°C, sedangkan massa jenis biodiesel paling tinggi pada suhu 50°C. Hal ini dikarenakan dengan naiknya suhu, konsentrasi FAME menurun sebab komponen pengotor seperti tochoferol, tochoatrienol, squalence, FFA, juga terikut dalam FAME, hal ini yang menyebabkan densitas pada biodiesel

meningkat pula. Seperti yang tertera dalam Tabel IV.2.1 (Pasang, 2007).

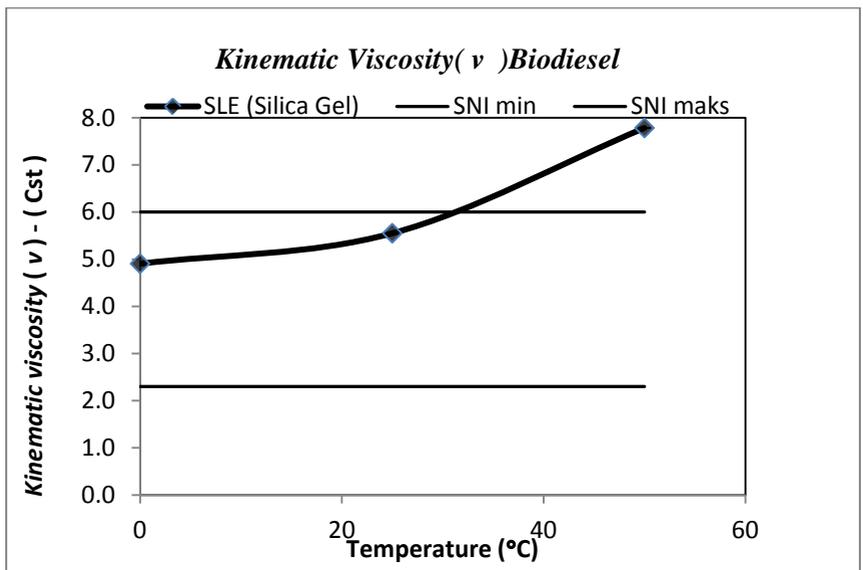
Tabel IV.2.1. Densitas Masing-Masing Komponen Biodiesel.

Komponen	ρ (gr/ml)	Referensi
<i>Tochoperol</i>	0,95	(Aldrich, 2013)
<i>Tochotrienol</i>	0,979	(Aldrich, 2013)
<i>Squalence</i>	0,858	(CTFA, 1978)
<i>FFA (Linoleic acid)</i>	0,903	(Perry, 1984)
FAME		
1. <i>Stearat acid Methyl Ester</i>	0,8498	(Pratas, 2010)
2. <i>Oleat acid Methyl Ester</i>	0,8565	(Pratas, 2010)
3. <i>Palmiat acid Methyl Ester</i>	0,8508	(Pratas, 2010)
4. <i>Myristac acid Methyl Ester</i>	0,856	(Pratas, 2010)

Massa jenis dari ketiga suhu telah sesuai dengan syarat mutu biodiesel menurut SNI-04-7182-2006

IV.2.2. Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Kinematis

Soerawidjaja dkk. (2005) menjelaskan, viskositas kinematik adalah ukuran mengenai tekanan aliran fluida karena gravitasi, dimana tekanan sebanding dengan kerapatan fluida yang dinyatakan dengan centistoke (cSt). Viskositas yang terlalu tinggi akan membuat bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar sehingga akan mengakibatkan deposit pada mesin. Viskositas bergantung pada komponen-komponen yang terdapat pada bahan tersebut, viskositas memiliki hubungan dengan parameter kualitatif lainnya (Demirbas, 2008). Berikut adalah pengaruh suhu terhadap viskositas pada biodiesel ditampilkan pada Gambar IV.2.2. Analisa dilakukan dengan menggunakan metode sesuai ASTM D-445.



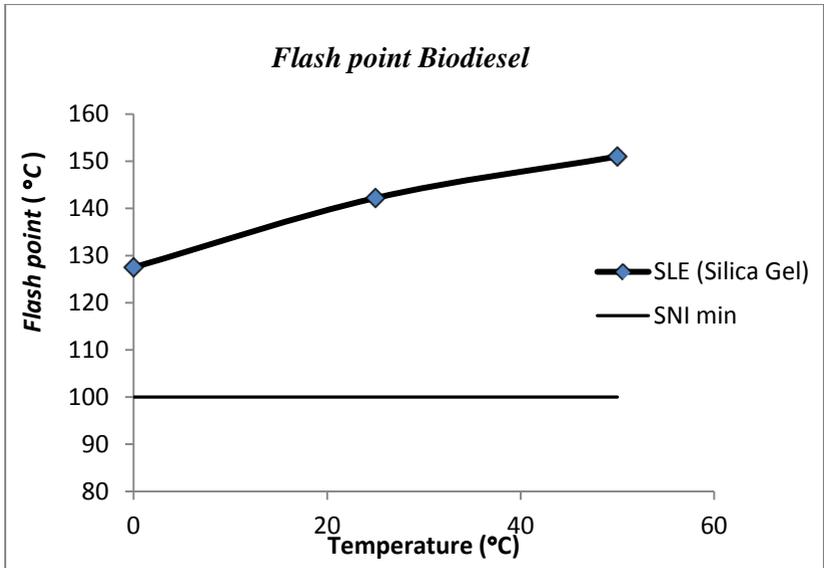
Gambar IV.2.2 Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Biodiesel

Gambar IV.2.2 menyajikan pengaruh kenaikan suhu terhadap viskositas. Semakin tinggi suhu, viskositasnya cenderung meningkat. Karena semakin tinggi suhu semakin banyak pula impuritisnya.

Dari Gambar IV.2.2 viskositas kinematik yang didapat pada saat suhu 50°C tidak sesuai dengan SNI yaitu 2,3-6,0 cSt sedangkan hasil yang diperoleh sebesar 7,78 cSt. Viskositas yang terlalu tinggi dapat memberatkan beban pompa dan menyebabkan pengkabutan yang kurang baik (Soerawidjaja dkk, 2005). Peningkatan viskositas dipengaruhi oleh macam-macam impuritis seperti gliserid, *free* gliserol, *free fatty acids* dan penurunan metanol (Cernoch et al, 2010). Untuk suhu 0°C dan ambient telah sesuai dengan syarat mutu biodiesel menurut SNI-04-7182-2006.

IV.2.3. Pengaruh Suhu Terhadap *Flash Point* (Titik Nyala)

Titik nyala menunjukkan temperatur kerja suatu pelumas dimana kondisi suhu tersebut akan dikeluarkan uap bahan bakar yang cukup untuk membentuk campuran yang mudah terbakar dengan udara. Hal tersebut berpengaruh pada pembakaran bahan bakar di dalam mesin, semakin rendah titik nyala maka semakin cepat pula proses pembakaran pada mesin, begitu juga sebaliknya. Pengaruh suhu terhadap titik nyala menggunakan metode ASTM D-93 dan alat *Flash Point PMcc* dapat dilihat pada Gambar IV.2.3.



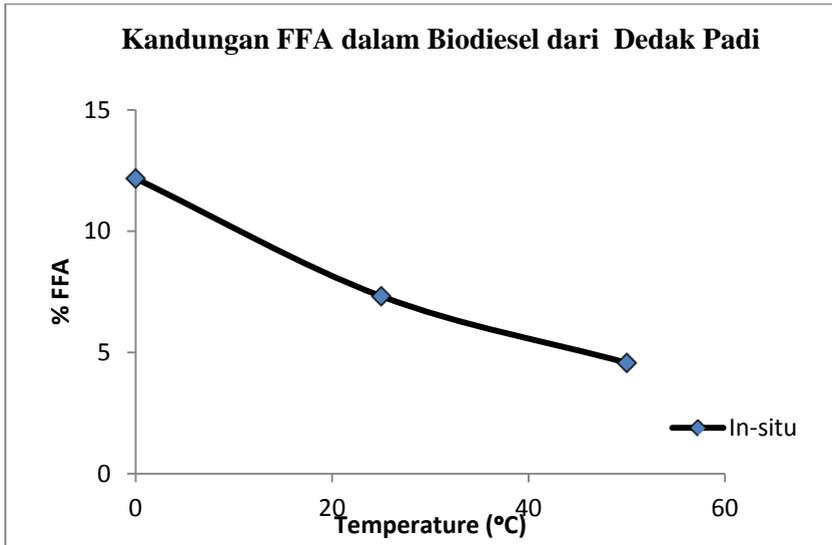
Gambar IV.2.3. Pengaruh Suhu Terhadap Titik Nyala

Pada Grafik IV.2.3 dapat dilihat seiring naiknya suhu maka titik nyala juga semakin meningkat. Peningkatan titik nyala bergantung pada penurunan jumlah turunan alkohol dan komponen lain yang memiliki *boiling point* rendah (Mittelbach and Remschmidt, 2004). Dari ketiga data titik nyala yang didapat mempunyai hasil yang sesuai dengan SNI 04-7182-2006 yaitu sebesar min 100°C.

IV.2.4 Pengaruh Suhu Terhadap *Free Fatty Acid* (FFA)

Asam lemak bebas atau sering juga disebut dengan *free fatty acid* (FFA) adalah asam lemak yang diperoleh dari hasil degradasi minyak ataupun lemak. Kandungan FFA perlu dilakukan karena berpengaruh terhadap mesin, apabila kandungan FFA terlalu tinggi dapat menyebabkan tingkat korosivitas yang tinggi pada mesin. Analisa FFA dilakukan dengan metode titrasi

sesuai dengan AOCS official method 5a-40. Hasil Analisa yang didapat dapat dilihat pada Gambar IV.2.4.1

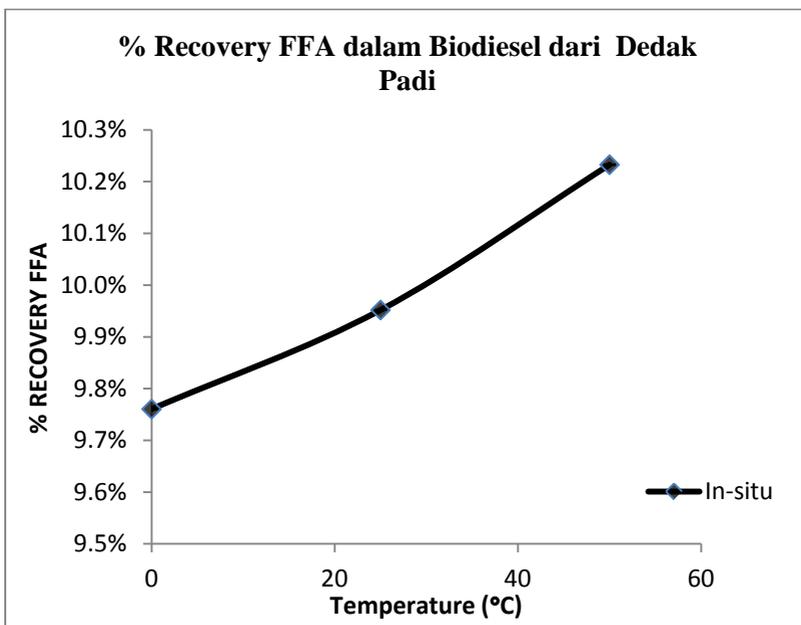


Gambar IV.2.4.1. Pengaruh Suhu Terhadap *Free Fatty Acid*

Dari Gambar IV.2.4.1 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu maka semakin rendah nilai %FFA (w/w) yang didapat. Penurunan %FFA (w/w) tersebut terjadi karena pada suhu yang semakin tinggi terjadi peningkatan yield. Dimana pada suhu yang semakin tinggi, semakin banyak komponen-komponen yang mampu terlepas dari silica gel sehingga mengakibatkan perbandingan massa FFA dengan massa produk total (%FFA w/w) semakin menurun.

Untuk hasil FAME yang baik, seharusnya kandungan FFA dalam biodiesel tidaklah terlalu besar, karena besarnya kandungan FFA ini dapat berpengaruh buruk terhadap sifat-sifat fisika dan kimia produk biodiesel itu sendiri. Sehingga, semakin sedikit FFA yang terekstrak dari silica gel, maka semakin baik hasilnya. Berdasarkan literatur telah diketahui bahwa kemampuan

adsorbs silica gel akan semakin baik dengan semakin menurunnya suhu (Gunawan, dkk, 2007). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian ini, dimana ketika suhu *extraction* solid-liquid ditingkatkan, maka recovery FFA juga semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa pada suhu yang semakin tinggi, kemampuan adsorbsi silica gel semakin menurun, sehingga semakin banyak komponen FFA dan komponen-komponen polar yang lain yang awalnya teradsorb di dalam silica gel menjadi terlepas kembali (terekstrak) dan terlarut dalam n-heksan.



Gambar IV.2.4.2 % Recovery FFA Dalam Biodiesel Terhadap Suhu

Peningkatan recovery FFA ditunjukkan pada Gambar IV.2.4.2. Dalam penelitian ini, diketahui bahwa dengan meningkatnya suhu *extraction* solid-liquid kemampuan adsorbs silica gel semakin menurun yang ditandai dengan semakin

besarnya nilai recovery FFA. Namun, meskipun nilai recoverynya meningkat, %FFA (w/w) mengalami penurunan hal ini terjadi karena, pada suhu yang semakin tinggi banyak komponen polar yang sebelumnya telah teradsorb dalam silica gel juga ikut terekstrak. Dengan semakin banyaknya komponen polar lain yang terekstrak, maka akan mengakibatkan dalam perhitungan %FFA (w/w) nilainya menjadi semakin menurun.

IV.2.5. Pengaruh Suhu Terhadap *Pour Point* (Titik Tuang) & *Cloud Point* (Titik Kabut)

Titik tuang (*pour point*) adalah suhu terendah dimana minyak bumi dan produknya masih dapat dituang atau mengalir apabila didinginkan pada kondisi tertentu (ASTM D-97). Titik kabut adalah temperatur pada saat bahan bakar mulai tampak “berawan” (*cloudy*). Hal ini timbul karena munculnya kristal-kristal di dalam bahan bakar. Apabila biodiesel memiliki titik tuang dan titik kabut terlalu tinggi, hal ini dapat menimbulkan masalah, jika biodiesel digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, terutama di negara-negara yang mengalami musim dingin. Berikut hasil analisa titik tuang ditunjukkan pada Tabel IV.2.5

Tabel IV.2.5 Pengaruh Suhu Terhadap *Pour Point* dan *Cloud Point*

Temperature	<i>Pour Point</i> (°C)	<i>Cloud Point</i> (°C)
0	12	15
Ambient (27°C)	12	15
50	12	15

Dari Tabel IV.2.5 dapat dilihat untuk temperatur 0°C, ambient dan 50°C ketiganya memiliki titik tuang sebesar 12°C serta titik kabut sebesar 15°C. Hal ini sesuai dengan literatur yaitu apabila viskositas dan densitas minyak tinggi maka titik tuang dan titik kabut akan semakin kecil (Hermeidi, 2014). Hasil yang

didapat sudah sesuai dengan standart SNI yang kami gunakan yaitu SNI-04-7182-2006.

IV.2.6. Pengaruh Suhu Terhadap Konsentrasi FAME

Fatty Acid Methyl Ester (FAME) yang terdapat pada *crude* biodiesel dedak padi ini disusun dari 4 macam methyl ester. Seluruh methyl ester yang terdapat dalam *crude* biodiesel dedak padi ini berasal dari asam-asam lemak yang terdapat pada dedak padi.

Menurut Borges,2010 konsentrasi FAME dalam produk biodiesel dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Konsentrasi FAME (\%)} = 158,5 e^{\left(\frac{-\mu}{0,8}\right)}$$

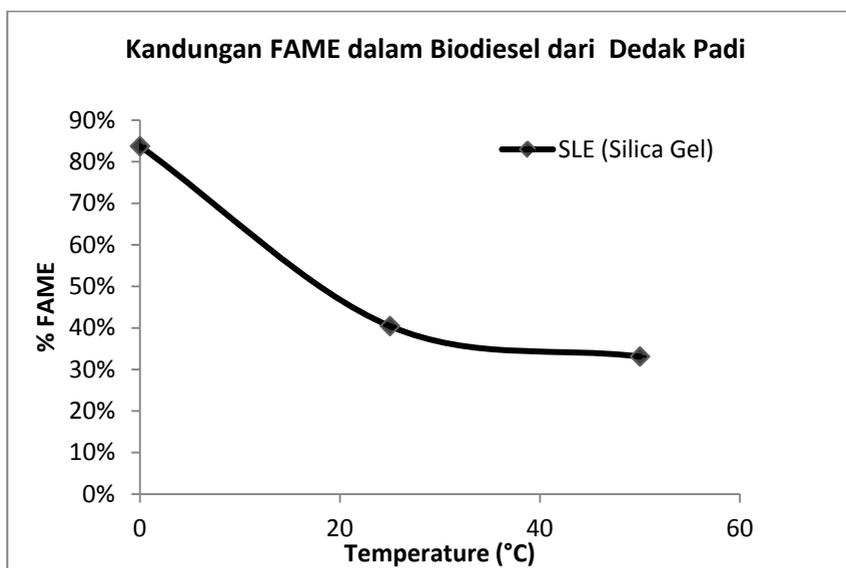
(Borges, 2010)

μ = Viskositas dinamik (Cp)

Persamaan tersebut diatas merupakan cara perhitungan konsentrasi FAME dari produk biodiesel yang berasal dari bahan baku *waste oil*, dalam penelitian kami bahan baku yang kami gunakan berasal dari dedak padi, walaupun bahan yang kami gunakan berbeda dengan bahan yang digunakan oleh Borges,2010 dalam penelitiannya namun persamaan perhitungan konsentrasi FAME dalam produk biodiesel yang digunakan oleh Borges,2010 masih dapat kami gunakan sebagai pendekatan dalam perhitungan konsentrasi FAME dalam penelitian ini hal tersebut disebabkan karena konsentrasi FAME sangat berpengaruh besar terhadap viskositas baik dalam penelitian borges,2010 maupun dalam penelitian ini.

Dalam penelitian ini telah dilakukan perhitungan konsentrasi menggunakan persamaan tersebut diatas, telah diketahui bahwa dengan meningkatnya suhu maka konsentrasi FAME semakin menurun. Begitu pula sebaliknya, pada suhu semakin rendah maka didapatkan konsentrasi FAME yang semakin tinggi terjadinya hal tersebut disebabkan karena silica

gel dapat bekerja dengan baik pada suhu rendah sehingga saat suhu *solid liquid extraction* (SLE) rendah komponen-komponen polar lain yang teradsorb dalam silica gel tidak ikut terekstrak keluar dan terlarut bersama FAME. Sedangkan pada suhu tinggi komponen-komponen polar yang terdapat dalam silica gel ikut terekstrak keluar kembali dan bercampur dalam FAME sehingga mengakibatkan konsentrasi FAME menjadi rendah. Grafik pengaruh suhu terhadap konsentrasi FAME dapat dilihat pada Gambar IV.2.6



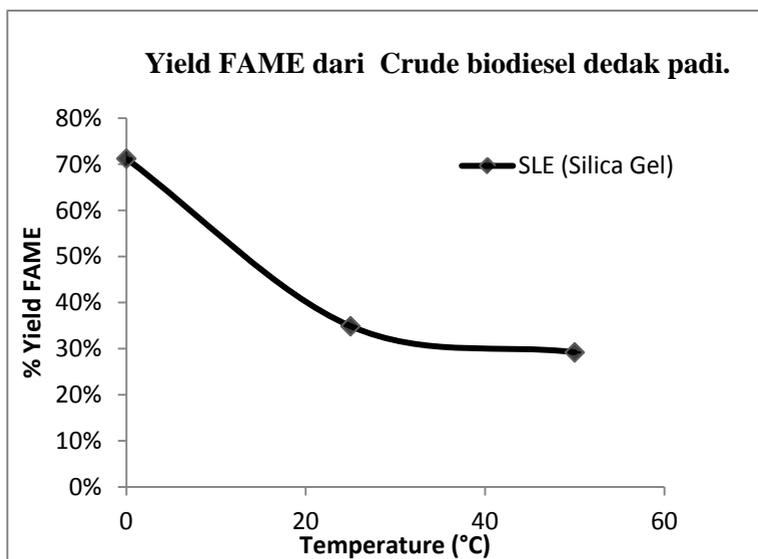
Gambar IV.2.6. Pengaruh Suhu Terhadap konsentrasi FAME

Pada suhu 0°C diperoleh konsentrasi FAME sebesar 83,73%, dan pada suhu 27°C terjadi penurunan konsentrasi FAME menjadi 40,44%, kemudian pada suhu 50°C konsentrasi FAME juga mengalami penurunan kembali menjadi 33,11%. Semakin menurunnya konsentrasi tersebut menunjukkan bahwa terdapat lebih banyak komponen-komponen polar seperti tocoferol, tocotrienol, squalene, oryzanol, FFA dll yang ikut

terlarut dalam FAME pada suhu solid liquid *extraction* yang tinggi.

IV.2.7. Pengaruh Suhu Terhadap Yield FAME

Yield yang kami perhitungkan dalam penelitian ini adalah perbandingan antara massa FAME dari produk biodiesel setelah prosedur akhir (evaporasi) dibandingkan dengan massa *crude* biodiesel awal. Berikut hasil yang kami dapat terdapat pada Gambar IV.2.7.



Gambar IV.2.7. Pengaruh Suhu Terhadap Yield FAME

Hasil penelitian kami menunjukkan bahwa semakin meningkatnya suhu, dapat semakin mengakibatkan yield yang dihasilkan menurun. Pada suhu 0°C diperoleh yield FAME sebesar 71,23%, dan pada suhu 27°C terjadi penurunan yield FAME menjadi 34,87%, kemudian pada suhu 50°C yield FAME yang dihasilkan juga mengalami penurunan kembali menjadi 29,20%. Hasil perhitungan yield FAME ini ditunjukkan pada

Gambar IV.2.8. Secara teoritis, penurunan yield ini kemungkinan besar disebabkan karena pada suhu tinggi terjadi penurunan kinerja adsorpsi silika gel.

BAB V

KESIMPULAN

1. Metode terintegrasi untuk pemurnian biodiesel dengan menggunakan silika gel telah dilakukan. Pengaruh suhu pada saat solid-liquid ekstraksi telah dipelajari secara sistematis.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap faktor memiliki titik optimum dimana didapatkan konsentrasi FAME terbaik yaitu 83,73% dengan yield FAME sebesar 71,23% pada variabel suhu 0°C.
3. Untuk parameter lainnya seperti densitas, viskositas, titik nyala, titik tuang dan titik kabut mendapatkan hasil yang sesuai dengan standar SNI-04-7182-2006 yaitu berturut turut 0,855 g/ml ; 4,906 cSt ; 127°C ; 12°C ; 15°C.
4. Pengaruh suhu terhadap %FFA pada suhu 0°C sampai 50°C mengalami penurunan, dikarenakan semakin tinggi suhu maka semakin banyak komponen-komponen yang mampu terlepas dari silika gel sehingga mengakibatkan perbandingan massa FFA dengan massa produk total (%FFA w/w) semakin menurun.
5. Proses pemurnian crude biodiesel dengan silika gel dapat dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, semakin rendah suhu maka semakin maksimal hasil yang didapatkan, dikarenakan silika gel bekerja optimal pada suhu rendah.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Chen YH, Huang YH, Lin RH, Shang NC, Chang CY, Chang CC. (2011), "Biodiesel Production in a rotating packed bed Using Al_2O_3 Solid Catalyst", *J Taiwan Inst Chem Eng*, 42:937-44
- Carr, A.G. Mammucari, R. dan Foster, N.R. (2011)," A review of subcritical water as a solvent and its utilization for the processing of hydrophobic organic compounds", *Chem Eng Journal*, 172, 1-17
- Gerpen, J.V., *Biodiesel production. Department of Biological and Agricultural Engineering*, 419 Engineering Physics Building, University of Idaho, P.O. Box 440904
- Gunawan, S. Kasim, N.S. Ju, H.S.(2008)," Separation and purification of squalene from soybean oil deodorizer distillate", *Separation and Purification Technology* 60, 128-135.
- Ju ,Y.H. Huynh, L.H., Tsigie, Y.A., Ho, Q.P., (2012), "Synthesis of biodiesel in subcritical water and methanol" ,*Fuel*. 105, 266–271
- Ma F. and M. A. Hanna, (1999), "Biodiesel production: a review" *Bioresour. Technol*, 70, 1-15.
- Toor,S.S. Rosendahl,L. dan Rudolf,A. (2011)," Review: Hydrothermal liquefaction of biomass :A review of subcritical water technologies", *Energy*, 36, 2328-2342.
- Welsh WA., Bogdanor JM, Toenebohen GJ. (1990). "Silica refining of oils and fats. In Proceedings of the World Conference on Edible Fats and Oils Processing", p. 89.
- Yucel, S.O. dan Turkay,S. (2002)," Variable affecting the yields of methyl esters derived from in situ esterification of rice bran oil ", *Ibid*, 79,611-614
- Zullaikah,S. Lai,C.C. Vali,S.R dan Ju, Y.H. (2005)," A two-step acid-catalyzed process for the production of biodiesel from rice bran oil", *Bioresource Technology* , 96 , 1889–1896.

LAMPIRAN A

Perhitungan Bahan

1. Kebutuhan Silica gel

Perbandingan massa Crude Bio Diesel (CBD) : Silica gel (1 : 3)

Spesifikasi Silica gel :

<i>Particel Size</i>	: 60 – 200 μm
<i>Pore Size</i>	: 60 Amstrong
pH	: 7
<i>Water Content</i>	: 6 %
<i>Spesific Surface Area</i>	: 500 m^2/g

Massa Crude Bio Diesel (CBD) yang digunakan sebesar :

Variable/Parameter	0°C	Ambient	50°C
Massa (gram)	7,002	7,33	7,442

Massa Silica gel yang dibutuhkan :

Pada variable 0°C :

$$m_{\text{CBD}} = 7,002 \text{ gram}$$

$$m_{\text{Silica Gel}} = \frac{m_{\text{CBD}}}{\text{Ratio CBD:Silica}} = \frac{7,002}{1/3} =$$

21,006 gram

* Cara yang sama digunakan untuk menghitung kebutuhan silica gel variable lainnya.

Massa Silica gel yang digunakan sebesar :

Variable/Parameter	0°C	Ambient	50°C
Massa (gram)	21,006	21,66	22,329

2. Membuat Larutan NaOH 0,4 N

Volume larutan NaOH 0,4 N yang dibutuhkan sebesar 1L

BM NaOH = 40 gram/mol

$$\begin{aligned}\text{Mol} &= V \times N \\ &= 1 \text{ L} \times 0,4 \text{ N} \\ &= 0,4 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa NaOH yang dibutuhkan} &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 0,4 \times 40 \\ &= 16 \text{ gram}\end{aligned}$$

Kemudian melarutkan NaOH dalam labu ukur 1000 ml (1 L) dengan menambahkan aquadest sebagian mengaduk hingga seluruh NaOH larut kemudian menambahkan aquadest hingga batas tera.

LAMPIRAN B

Perhitungan Hasil Penelitian

1. Menghitung % FFA pada Biodiesel yang dihasilkan :
 Pada variable 0°C :

m sampel = 0,1006 gram
 volume alkali = 7,2 ml
 volume blanko = 0,48 ml

$$\begin{aligned} \% FFA &= \frac{[Volume\ alkali\ (ml) - Volume\ blanko\ (ml)] \times N\ alkali \times 28,2}{Massa\ sampel\ (gram)} \% \\ &= \frac{[7,2 - 0,48] \times 0,0044 \times 28,2}{0,1006} \\ &= 8,042 \% \end{aligned}$$

* Cara yang sama digunakan untuk menghitung *FFA Content* variable lainnya.

% FFA yang terdapat pada masing-masing biodiesel setelah proses SLE :

FFA Content RUN I :

V ariable/Parameter	0°C	Ambient	50°C
% FFA	8,042	7,136	6,413

FFA Content RUN II :

V ariable/Parameter	0°C	Ambient	50°C
% FFA	8,289	7,013	6,536

FFA Content :

V ariable/Parameter	% FFA		
	RUN I	RUN II	Rata2
0°C	8,042	8,289	8,165
Ambient	7,136	7,013	7,075
50°C	6,413	6,536	6,474

2. Menghitung yield produk

Pada variable 0°C :

$$\begin{aligned}
 m \text{ sampel} &= 7,002 \text{ gram} \\
 m \text{ Botol sampel kosong} &= 9,9205 \text{ gram} \\
 m \text{ produk dalam botol} &= 14,0953 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Yield} &= \frac{[\text{Produk dalam botol (gr)} - \text{Botol sampel kosong (gr)}]}{\text{Massa sampel (gram)}} \times 100 \% \\
 &= \frac{[14,095 - 9,9205]}{7,002} \times 100 \% \\
 &= 59,62 \%
 \end{aligned}$$

* Cara yang sama digunakan untuk menghitung *yield* variable lainnya.

yield biodiesel yang dihasilkan pada masing-masing variable proses SLE :

Yield RUN I :

V ariable/Parameter	0°C	Ambient	50°C
Yield (%)	59,62	72,08	79,46

Yield RUN II :

V ariable/Parameter	0°C	Ambient	50°C
Yield (%)	62,21	71,26	81,60

Yield :

V ariable/Parameter	Yield (%)		
	RUN I	RUN II	Rata2
0°C	59,62	62,21	60,92
Ambient	72,08	71,26	71,67
50°C	79,46	81,60	80,53

3. Menghitung % FAMEs pada Biodiesel yang dihasilkan :

Pada variable 0°C :

$$\rho \text{ biodiesel} = 0,855 \text{ gram/cm}^3$$

$$\nu \text{ biodiesel} = 4,906 \text{ cSt} = 0,0491 \text{ Cm}^2/\text{s}$$

$$\mu = \rho \times \nu = 0,855 \times 0,0491 = 0,042 \frac{\text{g}}{\text{Cm s}} = 4,195 \text{ cp}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi FAME (\%)} &= 158,5 e^{\left(\frac{\mu}{0,8}\right)} \\ &= 158,5 e^{\left(\frac{4,195}{0,8}\right)} \\ &= 83,73 \text{ \%} \end{aligned}$$

* Cara yang sama digunakan untuk menghitung *FFA Content* variable lainnya.

% Konsentrasi FAMEs yang terdapat pada masing-masing biodiesel setelah proses SLE :

V ariable/Parameter	0°C	27°C	50°C
% FAMEs	83,73	40,44	33,11

4. Menghitung yield produk

Pada variable 0°C :

$$\begin{aligned} \text{m crude biodiesel} &= 7,002 \text{ gram} \\ \text{m Botol sampel kosong} &= 9,9205 \text{ gram} \\ \text{m produk dalam botol} &= 14,0953 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Yield FAME (\%)} &= \frac{\text{Massa produk biodiesel (gram)} \times \text{Kandungan FAME (\%)}}{\text{Massa Crude biodiesel (gram)}} \\ &= \frac{(14,0953 - 9,9205) \times 83,73\%}{7,002} \\ &= 71,23 \% \end{aligned}$$

* Cara yang sama digunakan untuk menghitung *yield* variable lainnya.

yield FAMEs yang dihasilkan pada masing-masing variable proses SLE :

V ariable/Parameter	0°C	Ambient	50°C
Yield (%)	71,23	34,87	29,20

BIODATA PENULIS



Tri Maryos Penetang, penulis dilahirkan di Surabaya, pada tanggal 19 Maret 1992, anak ketiga dari empat bersaudara. Dengan alamat rumah Wisma tengger X/19 Surabaya. Penulis telah menempuh pendidikan formal diantaranya SDN Kandangan II Surabaya, SMP Negeri 20 Surabaya, SMAK St.Louis Surabaya, Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS, terdaftar dengan Nomor Registrasi 2310 030 057. S1 Teknik Kimia FTI-ITS.

Di jurusan DIII Teknik Kimia ini, penulis aktif dalam kegiatan seminar yang diadakan di ITS, aktif dalam kegiatan *hiking* dan pecinta alam, serta sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG.Kremboong, Sidoarjo & PT.Petrowidada, Gresik

Email: rio.langoblolok@gmail.com



Wisda Anugrah Prasta, penulis dilahirkan di Surabaya tanggal 19 Juni 1992, anak kedua dari tiga bersaudara. Dengan alamat rumah Jl. Semolowaru Tengah I/79 Surabaya. Penulis telah menempuh pendidikan formal diantaranya SDN Semolowaru I 261, SMPN 19 Surabaya, SMAN 10 Surabaya, Diploma III Teknik Kimia FTI – ITS, S1 Teknik Kimia FTI-ITS. Pengalaman organisasi penulis staff Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia

FTI-ITS 2012/2013. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG. Krebet I Malang & PT.Petrowidada, Gresik.

Email: wizhda@gmail.com