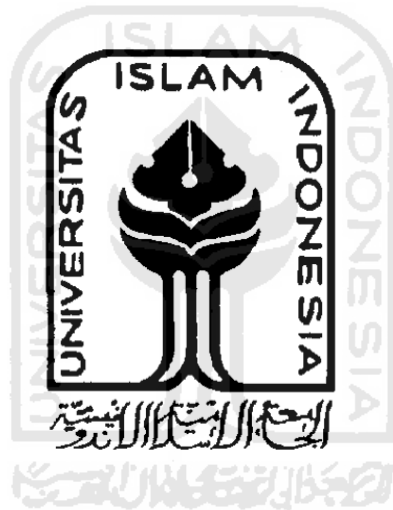


**OPTIMASI KATALIS BASA DALAM PEMBUATAN
BIODIESEL DARI LEMAK SAPI**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**



disusun oleh:

RAHAJENG GALUH SATYANI

No Mhs : 03 612 026

**JURUSAN ILMU KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2007**

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb.,

Alhamdulillah, Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Optimasi Katalis Basa dalam Pembuatan Biodiesel dari Lemak Sapi “**. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian penulis. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, karena keterbatasan kemampuan penulis sebagai manusia, tetapi penulis berusaha untuk menyelesaikan sebaik mungkin. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini.

Penulis dengan segala kerendahan hati mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang telah memberi bantuan serta bimbingan. Maka pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Akhmad Fauzy, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
2. Rudy Syahputra, M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
3. Dr. rer.nat.Karna Wijaya, M.Eng selaku dosen pembimbing 1
4. Dwiarso rubiyanto, M.Si selaku dosen pembimbing 2
5. Riyanto, M.Si dan Is Fatimah, M.Si selaku penguji 1 dan penguji 2
6. Seluruh Staf Laboratorium Kimia dan Seluruh Staf Pengajaran F-MIPA Universitas Islam Indonesia
7. Rekan-rekan kimia angkatan’03 dan Rekan-rekan penelitianku atas kerjasama dan bantuannya serta doanya.

Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu, semoga Allah SWT memberikan kasih sayang-Nya atas dukungan dan kebaikan selama ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan baik. Penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalammualaikum Wr. Wb

Jogjakarta, Desember 2007

Penulis

Rahajeng Galuh Satyani



Halaman Bersembahan



Sungguh bersama kesukaran pasti ada kemudahan
(Q.S Asy Syarh : 5)

hidup ini bagai roda yang berputar, maka kita harus bisa hidup dalam segala kondisi, jangan putus asa, terus berjuang raih cita-cita and ingat jangan serakah itu kehanjuran ...
("ora at labora")

Kupersembahkan semua untukmu Ya Robbi, terimalah ini sebagai amal ibadah hamba-Mu

Ketulusan doa dan rangkaian dorongan selalu terurai dari semua orang yang aku sayangi, untuk itu, kupersembahkan karya kecilku kepada :

Spesial tuk "Ayah dan Mamak"

Yang tak pernah letih dan habis untuk memberikan kasih sayang, suport, bimbingan, perhatian, kepercayaan, materi dan doa yang selalu tak henti mengalir yang mengiringi langkah hidup-Qu dan perjuangan-Qu selama ini

Kakak2-Qu, adik-Qu, Mbak ipar-Qu and Ponakan-Qu

Yang selalu memberi warna dalam kehidupan-Qu dengan penuh cinta, sayang, ceria, kesal, dan sedih yang dapat membuat-Qu banyak belajar (Mas Aji, Mas Anung, Anton, Mbak Anna, dan Adif matur tengkyu ya dukungannya dan okehannya brarti BGT...)

Om and Bulek Mur

Sebagai orang tua-Qu yang kedua yang selalu memberi dorongan, spirit, bimbingan dan doa. Makasih banyak om gogot and bulek mur atas semua perhatian, kasih sayang, dan doanya yang selalu mengiringi perjuangan-Qu.

Mas-Qu

Yang selalu sabar dan sayang dengerin ocehan-Qu
(Makasih ya mas harry tuk' semuanya, semoga Allah selalu mendengarkan doa kita Berdua)

The Best Friend

(Titon) Yang selalu ada ketika aku sedih, kesal dan ceria.
Titon...sobat sejati-Qu selalu memberi-Qu semangat baru tuk terus melangkah ke depan, dan memberi-Qu kehidupan yang lebih berwarna dan berarti. thanks for all prend,,,,,

(Lingga, Ucha, Yayan and Pipit) Makasih ya prend,,, kalian memang teman baik-Qu yang selalu mau dengerin keluh kesah-Qu, dan memberiku semangat baru, selamat berjuang di kehidupan baru ya,,,

Konco-Konco

(Chemistry'03) Nisa, Ajeng W, Mustofa, Daus, Ali, Dewi, Renita, Uci, Ainir, Indah, Elda (yang dah pada wisuda duluan sukses selalu buat kalian n makasih tuk semua kenangan kalian semua) Vina, Mila, UU, Wulan, Yuni, Anggi, Kiki, Farida, Dini, Budi, Via, Chino, dian isya, Norma, Sarika, Nurdianti, tri P (untuk kalian semua semoga tetep semangat tuk menyusul mereka yang dah pada wisuda and aku tunggu selalu kabar kesuksesan kalian) and Teman2-Qu yang tidak Qu-sebutin, Qu-tunggu kabar kesuksesan kalian juga

(Lem Community 06/07) Untuk kalian semua yang berada di komunitas Lem F-MIPA UII 06/07 makasih banyak atas pengertiannya, dukungan dan semangatnya, Maaf klo slama ini banyak menelantarkan kegiatan. Bu Anik Makasih buanget ya,,, izin-izin yang diberikan, aku salut dengan kesabaranmu dan ketenanganmu, untuk Ayu semangat Ya,,, sabar aja kayak ibu ketuamu, yang enggak disebutin makasih banyak pokokna.

(Kamboja 2 Society) Nisar,,, smoga kamu berhasil aku yakin kamu bisa, saran tuk kamu kurangi Cueknya ma orang sekitarmu ya mbak Yu.... Pipit,,, jangan nyerah nge-Lab nya pasti kamu bisa, Key.... Echi,,, banyak sambilannya jadi enggak selesai2, tp dont Worry chayo,,, Key,,,

(intinya tuk kalian semua Thanks FOR ALL...)

(KKN VII SL-15 Angk.34) Dily, Toro makasih BGT ma kalian ada kehidupan baru bersama kalian, Dini, Daru, Bayu, Dicie, Risza, Luky, Fajrin, Hary, Uya, Dimas, Ade, makasih tuk semuanya selama di Medari G.

Yang Aku Repotin

Mas cecep (makasih pinjem alatnya), mas Himmi, mas Dedy, mbak Iin, Mas thorik (makasih ya mas dan mbak saran n kritiknya) mas kun and partner pengajaran, Satpam2. Makasih banyak bantuannya.

Almamaterku

Disinilah aku meraih cita-cita..thank's atas ilmu-ilmunya.

Thank's banget buat semua pihak yang sudah membantu dan memberikan spirit yang cukup membuatku buat maju...

OPTIMASI KATALIS BASA DALAM PEMBUATAN *BIODIESEL* DARI LEMAK SAPI

INTISARI

Rahajeng Galuh Satyani
No Mhs : 03612026

Telah dilakukan optimasi penggunaan katalis basa dalam pembuatan biodiesel dari lemak sapi dengan menggunakan dua proses yaitu proses I (reaksi transesterifikasi) dan proses II (reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi).

Reaksi esterifikasi dilakukan dalam media metanol (rasio mol metanol/minyak 12:1) menggunakan katalis H_2SO_4 1,25 % dari total berat minyak dan reaksi transesterifikasi pada lemak hewan dilakukan dalam media metanol (rasio mol metanol /minyak 9:1) dengan variasi katalis NaOH 1 M sebanyak 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL. Masing-masing reaksi dilakukan selama dua jam pada temperatur 65 °C, hasil reaksi dipisahkan kemudian dievaporasi dan dicuci dengan aquades. Sisa air diikat dengan Na_2SO_4 anhidrat dan disaring dengan kertas whatman 42.

Biodiesel yang dihasilkan dikarakterisasi dengan 1H -NMR dan ASTM. Hasil kajian dan karakterisasi menunjukkan bahwa pada proses I dengan perhitungan teoritik 1 diperoleh konversi sebesar 77,15 % dan 79.86% secara eksperimen (katalis NaOH 1 M 5 mL), perhitungan teoritik 2 adalah 81,93 % (katalis NaOH 1 M 25 mL). Proses II dengan perhitungan teoritik 1 diperoleh konversi sebesar 78,48 % (katalis NaOH 1 M 5 mL), perhitungan teoritik 2 adalah 75,05 % dan 76.67 % secara eksperimen (katalis NaOH 1 M 10 mL). Dari kedua proses pembuatan *biodiesel* pada katalis yang paling optimum dilakukan Uji karakteristik dengan ASTM D 445 (viskositas kinematik), ASTM D 1298 (*density*), ASTM D 93 (*flash point*), ASTM D 97 (*pour point* dan *cloud point*), ASTM D 189 (*Conradson carbon residu*) dihasilkan *biodiesel* yang telah sesuai dengan karakter fisik *biodiesel*, minyak diesel industri dan minyak diesel *otomotive*

Kata Kunci : *biodiesel, esterifikasi, transesterifikasi, metanol, NaOH*

OPTIMIZATION OF BASA CATALYST IN BIODIESEL PREPARATION FROM ANIMAL FAT

ABSTRACT

Rahajeng Galuh Satyani
No.Mhs : 03612026

Optimization of base catalyst (NaOH) has been performed in the preparation of biodiesel from fat. Preparation was conducted in two route. The first route was transesterification, the second route was esterification which followed by transesterification.

Esterification was conducted in the methanol, using H_2SO_4 1,25% as acid catalyst. Transesterification was performed in methanol using NaOH 1 M as base catalyst in various volumes (5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, and 25 mL). Reaction was done at 65 °C for 2 hours. The reaction product was then dried using Na_2SO_4 anhydrous.

Biodiesel then was characterized using $^1\text{H-NMR}$ and ASTM. Characterization result indicated that theoretically (equation I) obtained biodiesel was 77,15 % (w/w) mean while experimentally the obtained biodiesel was 79,86% (NaOH 1 M, 5 mL) by using equation II the obtained biodiesel was 81,93% (NaOH, 25 mL) sytheses of biodiesel using route II resulted in efficiency of 78,48% (Equation 1 ; NaOH 1 M, 5 mL), of 75,05 % (equation 2; NaOH 1 M 10 mL) and of 76,67 % (experimentally; NaOH 1 M, 10 mL). ASTM result indicated that both biodiesel processed by first and second route were in aggrement with biodiesel standard.

Key words : *biodiesel, esterification, transesterification, methanol, NaOH*

DAFTAR ISI

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | v |
| INTISARI..... | vii |
| ABSTRACT..... | viii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 5 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| BAB III DASAR TEORI..... | 12 |
| 3.1 Biodiesel..... | 12 |
| 3.2 Esterifikasi..... | 14 |
| 3.3 Transesterifikasi..... | 15 |
| 3.4 Lemak dan Minyak..... | 21 |
| 3.4.1 Asam Lemak..... | 24 |
| 3.5 Karakteristik Biodiesel..... | 26 |

| | |
|---|-----------|
| 3.5.1 Metode Analisa Asam Lemak dan Trigliserida dalam Biodiesel..... | 26 |
| 3.5.2 Uji Karakter ASTM Biodiesel..... | 29 |
| 3.5.3 Klasifikasi Bahan Bakar Diesel..... | 34 |
| 3.6 Hipotesis..... | 36 |
| BAB IV METODOLOGI PENELITIAN..... | 37 |
| 4.1 Alat Penelitian..... | 37 |
| 4.2 Bahan Penelitian..... | 37 |
| 4.3 Prosedur Penelitian..... | 38 |
| 4.3.1 Penyiapan minyak..... | 38 |
| 4.3.2 Pembuatan biodiesel Proses I (Reaksi Transesterifikasi)..... | 38 |
| 4.3.3 Pembuatan Biodiesel Proses II (Reaksi Esterifikasi dan transesterifikasi)..... | 38 |
| 4.4 Karakteristik metil ester (Biodiesel)..... | 39 |
| BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 40 |
| 5.1 Penentuan Persentase Konversi Biodiesel Minyak Hewan melalui Proses I (Reaksi Transesterifikasi)..... | 40 |
| 5.2 Penentuan Persentase Konversi Biodiesel Minyak Hewan melalui Proses II (Reaksi Esterifikasi dan Reaksi Transesterifikasi)..... | 52 |
| 5.3 Perbandingan Karakteristik Biodiesel melalui Proses I (Reaksi Transesterifikasi) dengan melalui Proses II (Reaksi Esterifikasi dan Reaksi Transesterifikasi)..... | 61 |

| | |
|---|-----------|
| 5.4 Perbandingan Hasil Biodiesel dan Konversi Biodiesel pada Biodiesel Proses I (Reaksi Transesterifikasi) dengan biodiesel Proses II (Reaksi Esterifikasi dan Reaksi Transesterifikasi)..... | 63 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN..... | 65 |
| 6.1 Kesimpulan..... | 65 |
| 6.2 Saran..... | 66 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 67 |
| LAMPIRAN | |



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-----------|--|----|
| Gambar 1 | Reaksi esterifikasi dengan katalis asam | 14 |
| Gambar 2 | Mekanisme lengkap reaksi transesterifikasi dengan katalis basa . | 16 |
| Gambar 3 | Reaksiion gliserida dengan metanol berlebih | 17 |
| Gambar 4 | Reaksi metanolisis dalam tiga tahap | 19 |
| Gambar 5 | Reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol..... | 19 |
| Gambar 6 | Reaksi minyak tumbuhan dengan metanol. | 27 |
| Gambar 7 | Spektrum $^1\text{H-NMR}$ transesterifikasi yang diperoleh saat reaksi berjalan lima menit pada $45\text{ }^\circ\text{C}$. Huruf A,G, dan M menyatakan proton CH_2 , <i>gliceridic</i> dan metil ester..... | 28 |
| Gambar 8 | Lemak sapi (gajih sapi) dalam suhu kamar..... | 41 |
| Gambar 9 | Spektra $^1\text{H-NMR}$ lemak | 41 |
| Gambar 10 | Spektra $^1\text{H-NMR}$ <i>Biodiesel</i> T-5 | 42 |
| Gambar 11 | Spektra $^1\text{H-NMR}$ <i>biodiesel</i> T-10..... | 43 |
| Gambar 12 | Spektra $^1\text{H-NMR}$ <i>biodiesel</i> T-15..... | 43 |
| Gambar 13 | Spektra $^1\text{H-NMR}$ <i>biodiesel</i> T 20..... | 44 |
| Gambar 14 | Spektra $^1\text{H-NMR}$ <i>biodiesel</i> T-25..... | 44 |
| Gambar 15 | Hubungan persentase konversi biodiesel terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara perhitungan teoritik 1 reaksi proses I | 45 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Gambar 16 | Hubungan persentase konversi biodiesel terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara perhitungan teoritik 2 reaksi proses I | 46 |
| Gambar 17 | Hubungan persentase konversi biodiesel terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara eksperimen reaksi proses I..... | 46 |
| Gambar 18 | Hasil transesterifikasi yang membentuk dua lapisan | 48 |
| Gambar 19 | Hasil Tranesterifikasi yang telah dipisahkan | 48 |
| Gambar 20 | Mekanisme reaksi transesterifikasi minyak dengan katalis basa (NaOH)..... | 49 |
| Gambar 21 | Reaksi ion gliserida dengan metanol berlebih | 50 |
| Gambar 22 | Pencucian metil ester dengan aquades terjadi emulsi | 50 |
| Gambar 23 | Pencucian aquades sampai lapisan bawah bening | 51 |
| Gambar 24 | Metil ester setelah penambahan Na ₂ SO ₄ anhidrat..... | 51 |
| Gambar 25 | Metil ester (<i>biodiesel</i>) dengan 5 variasi volume katalis NaOH 1 M proses I | 52 |
| Gambar 26 | Spektra ¹ H-NMR Biodiesel ET-5. | 53 |
| Gambar 27 | Spektra ¹ H-NMR Biodiesel ET-10 | 53 |
| Gambar 28 | Spektra ¹ H-NMR Biodiesel ET-15 | 54 |
| Gambar 29 | Spektra ¹ H-NMR Biodiesel ET-20 | 54 |
| Gambar 30 | Spektra ¹ H-NMR Biodiesel ET-25 | 55 |
| Gambar 31 | Hubungan persentase konversi biodiesel terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara perhitungan teoritik 1 reaksi proses II . | 56 |

| | |
|-----------|---|
| Gambar 32 | Hubungan persentase konversi biodiesel terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara perhitungan teoritik 2 reaksi proses II . 57 |
| Gambar 33 | Hubungan persentase konversi biodiesel terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara eksperimen reaksi proses II.....57 |
| Gambar 34 | Mekanisme reaksi esterifikasi dengan katalis asam.....59 |
| Gambar 35 | Hasil metil ester (biodiesel) dengan 5 variasi volume katalis NaOH 1 M proses II.....61 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1. Persyaratan kualitas biodiesel menurut SNI-O4-7182_2006..... | 14 |
| Tabel 2. Klasifikasi lemak hewani..... | 24 |
| Tabel 3. Karakteristik minyak diesel (industrial diesel oil)..... | 36 |
| Tabel 4. Karakteristik minyak diesel (Automotive diesel oil)..... | 36 |
| Tabel 5. Perbandingan karakteristik biodiesel melalui proses I (reaksi transesterifikasi) dengan biodiesel melalui proses II (reaksi esterifikasi dan transesterifikasi)..... | 61 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi yang mengarah kepada mesin diesel dan industri-industri yang menggunakan mesin diesel maka kebutuhan sumber-sumber energi seperti minyak dan gas bumi terus meningkat dari tahun ketahun, terutama pada kebutuhan minyak diesel.

Minyak bumi merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui dan semakin hari ketersediaan bahan bakar minyak bumi semakin terbatas, sedangkan kebutuhan bahan bakar semakin meningkat, dengan adanya peningkatan kebutuhan minyak, maka dampak lingkungan yang di timbulkan juga meningkat. Usaha pengelolaan yang amat potensial adalah dengan pengembangan teknologi sumber daya energi terbarukan *biodiesel*. yaitu bahan bakar dari minyak tumbuhan dan hewani yang telah di konversi menjadi bentuk metil ester asam lemak yang ramah lingkungan yang dapat membantu ketersediaan minyak diesel.

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang merupakan bahan bakar mesin diesel yang dapat dibuat dari minyak yang dapat diperbaharui seperti minyak nabati dan hewani yang ramah lingkungan yang memiliki keunggulan tidak beracun, secara esensial bebas sulfur dan benzena yang karsinogenik, hasil pembakarannya adalah CO₂ yang dapat dikonsumsi oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis (siklus karbon), dapat teroksigenasi relatif sempurna atau terbakar habis, non-toksik, dan terurai secara alami (*biodegradable*), secara nyata *biodiesel*

dapat mengurangi pencemaran lingkungan, mengurangi hidrokarbon yang tidak terbakar, polisiklikaromatik hidrokarbon, hujan asam dan tidak iritasi pada kulit jika dibanding dengan sabun. Jika tertumpah *biodiesel* akan dapat dikonsumsi oleh mikroba (Elisabeth.J. dan Haryati.T., www.kompas.com).

Kandungan belerang yang sangat rendah akan memungkinkan penggunaan katalis pada sistem gas buang. Jika dipergunakan bersama minyak solar, *biodiesel* dapat mengurangi atau menghilangkan kebutuhan belerang dalam minyak diesel. *Biodiesel* mempunyai kelebihan kurang menyala dibanding solar, lebih mudah dalam penyimpanannya, dan dapat dicampur dengan solar.

Biodiesel dapat dipergunakan keperluan lain seperti: pelindung kayu termasuk interior rumah yang terbuat dari kayu. Sebagai pelumas dan pelindung korosi pada peralatan rumah tangga dan pertanian yang terbuat dari logam *Biodiesel* dapat pula dicampur dengan bensin untuk mesin 2 langkah sebagai bahan bakar dan pelumasan. *Biodiesel* tidak dapat menggantikan minyak tanah untuk keperluan kompor dan lampu minyak karena sifat tidak bisa merambat ke atas. *Biodiesel* juga dapat dipergunakan untuk membersihkan noda crayon pada baju dengan lebih baik dibanding deterjen (Nasiri.J., www.sentrapolimer.com).

Biodiesel mentah dibuat dari trigliserida-trigliserida dan asam-asam lemak dengan reaksi kimia yang di sebut transesterifikasi dan esterifikasi. Proses pembuatan *biodiesel* cukup sederhana dan tidak memerlukan peralatan yang rumit. Dalam proses ini minyak direaksikan dengan alkohol dengan bantuan katalisator, baik katalisator asam maupun basa.

Penggunaan katalis dalam proses pembuatan *biodiesel* ini sangat diperlukan, karena diharapkan dapat meningkatkan produksi *biodiesel* baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Adanya katalis asam diharapkan dapat membantu dalam reaksi esterifikasi dan katalis basa membantu dalam reaksi transesterifikasi, tetapi dalam penggunaan katalis juga perlu diperhatikan, karena jika penggunaan katalis terlalu banyak di nilai kurang ekonomis dan semakin bertambahnya katalis yang digunakan belum tentu dapat meningkatkan produksi biodiesel, untuk itu perlu mengoptimalkan penggunaan katalis dalam proses pembuatan *biodiesel*. Hasil *biodiesel* yang diproduksi harus memenuhi uji ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

Semua jenis minyak dapat digunakan, baik itu minyak nabati ataupun minyak hewani. Minyak tumbuhan dan hewan semuanya merupakan lipid. Minyak dibedakan dari lemak berdasarkan sifat fisiknya pada suhu ruang : minyak berwujud cair sedangkan lemak berwujud padat. Minyak tumbuhan dan hewani merupakan golongan gliserida atau asam lemak, yang mana pada golongan ini biasanya berwujud padat atau cair pada suhu ruang tetapi tidak mudah menguap.

Lemak dan minyak terdiri dari trigliserida campuran, yang merupakan ester dari gliserol dan asam lemak rantai panjang. Trigliserida dapat berwujud padat atau cair, dan hal ini tergantung dari komposisi asam lemak yang menyusunnya. Lemak hewani pada umumnya berbentuk padat pada suhu kamar, karena banyak mengandung asam lemak jenuh, misalnya asam palmitat dan stearat yang mempunyai titik cair lebih tinggi.

Lard adalah lemak yang diperoleh dari jaringan lemak ternak sapi, babi, atau kambing. Pada umumnya lemak banyak terdapat pada rongga perut dan lemak tersebut biasanya akan menghasilkan lemak gajih yang bermutu tinggi. Karena sifatnya yang tidak seragam serta sifat-sifat lainnya seperti tekstur, cita rasa, dan baunya, lemak gajih kini semakin terbatas penggunaannya. Apalagi lemak gajih mudah sekali menjadi tengik sehingga dalam pembuatannya perlu ditambahkan antioksidan. Kebaikan lemak gajih adalah plastisitasnya yang baik serta daya *shortening*-nya yang tinggi (Winarno,1984)

Kendala baru yang sedang dihadapi adalah pengembangan produk *biodiesel* adalah suplai bahan baku. Keterbatasan bahan baku minyak tumbuhan yang dimiliki, karena hampir tidak mungkin untuk meningkatkan produksi dengan memperluas areal penanaman tetapi disisi lain perubahan diet manusia yang cenderung untuk mengurangi konsumsi bahan makanan berlemak akan berdampak menghasilkan lemak hewani yang lebih besar.

Kondisi tersebut yang menjadi alasan penelitian ini dirancang dan disusun, karena terdorong keinginan untuk memberikan kontribusi yang cukup terhadap bahan baku *biodiesel*, dengan mengarahkan suplai bahan baku *biodiesel* pada pemanfaatan lemak hewan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan daya guna lemak hewani sehingga dapat dijadikan sumber energi sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa volume (mL) konsentrasi NaOH optimum yang digunakan untuk mengkonversi 100 gram lemak sapi menjadi *biodiesel* ?
2. Proses pembuatan *biodiesel* manakah yang menghasilkan *biodiesel* yang paling baik untuk 100 gram lemak sapi ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan konsentrasi optimum katalis basa NaOH yang digunakan untuk mengkonversi lemak sapi menjadi *biodiesel* .
2. Memperoleh karakteristik *biodiesel* lemak sapi hasil reaksi.
3. Mendapatkan proses pembuatan *biodiesel* dari lemak sapi yang terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan daya guna lemak hewani (lemak sapi) sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomisnya
2. Memberikan alternatif penggunaan bahan bakar *biodiesel* sebagai substitusi atau pengganti bahan bakar mesin diesel yang tidak dapat diperbaharui.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada tahun 1892, mesin diesel berbahan bakar *biodiesel* minyak kacang dipatenkan oleh Rudolph Diesel. *Biodiesel* didefinisikan sebagai monoalkil ester dari rantai panjang asam lemak yang diturunkan dari sumber yang dapat diperbaharui seperti minyak nabati dan hewani, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pada berbagai mesin diesel konvensional.

Mittelbach dkk, 2004 dan Knothe dkk, 2005 mengatakan bahan-bahan mentah sejati pembuatan *biodiesel* adalah:

1. Trigliserida-trigliserida, yaitu komponen utama aneka lemak dan minyak-lemak
2. Asam-asam lemak, yaitu produk samping industri pemurnian (*refining*) lemak dan minyak-lemak

(Soerawidjaja, 2006).

Biodiesel merupakan campuran monoalkil ester asam lemak dari minyak nabati dan minyak hewani. Baik minyak nabati dan minyak hewani termasuk ke dalam golongan lipida. Beberapa jenis lipida seperti minyak atau lemak merupakan lipida yang dapat disaponifikasi yang berarti bahwa lipida tersebut dapat di konversi menjadi ester (biasa digunakan dalam pembuatan *biodiesel*). Minyak dan lemak merupakan trigliserida, karena minyak dan lemak membentuk ester dari 3 molekul asam lemak yang terikat pada gliserol.

Minyak mengandung 14 asam lemak. Dalam minyak nabati asam-asam lemak tersebut terikat sebagai trigliserida, selain itu, asam lemak juga ada yang tidak sebagai trigliserida dan disebut sebagai asam lemak bebas. Kandungan asam lemak yang tinggi dapat menyebabkan terbentuknya sabun saat memproduksi *biodiesel*. Trigliserida dapat mengandung asam lemak yang berbeda-beda. Lemak cenderung mengandung lebih banyak asam lemak jenuh, sedangkan minyak nabati mengandung lebih banyak asam lemak tak jenuh.

Untuk meningkatkan kestabilan lemak gajih dapat dilakukan dengan cara, di antaranya dengan memotong lemak tersebut menjadi bagian yang kecil dan kemudian dipanaskan secara singkat (15 detik) sehingga hancur, kemudian dipusingkan atau disentrifugasi (Winarno.,1984).

Menurut Hanna dan Ma dalam Johan Sibarani, 2006 menyatakan bahwa dari berbagai cara yang dilakukan untuk pembuatan *biodiesel*, metode yang paling umum digunakan adalah reaksi transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewan.

Minyak atau lemak yang memiliki kandungan asam lemak bebas seperti minyak jelantah (2-7 %) dan lemak hewan (5-30 %) perlu dilakukan dua langkah dengan katalis asam dan basa untuk mengatasi asam lemak bebas yang tinggi dalam memproduksi *biodiesel* (Mastutik, 2006).

Umumnya pembuatan *biodiesel* dari minyak nabati dilakukan dengan metode reaksi trigliserida dengan bantuan basa NaOH atau KOH dalam media alkohol berantai pendek. Metode pembuatan *biodiesel* dari minyak goreng bekas berbeda dengan metode pembuatan *biodiesel* dari minyak nabati biasa. Minyak goreng bekas mengandung 5 % - 15 % asam lemak bebas yang tidak dapat

terkonversi menjadi metil ester atau *biodiesel* dengan 1 langkah reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa (Van Gerpen.,2004).

Julia (2004) melakukan reaksi transesterifikasi dengan variasi temperatur, yaitu pada temperatur kamar dan 75°C selain itu dilakukan juga variasi konsentrasi katalis basa KOH, yaitu 0,25 %; 0,50%; 0,75 %; dan 1 % dari berat minyak kelapa + metanol. Hasil yang diperoleh dari peneliti ini adalah bahwa kenaikan persen berat KOH akan menghasilkan konversi metil ester (*biodiesel*) yang meningkat pula, sedangkan kenaikan temperatur akan mengakibatkan penurunan konversi *biodiesel*, sehingga dapat disimpulkan dari peneliti ini bahwa kondisi optimum terhadap konversi *biodiesel* dari reaksi transesterifikasi minyak kelapa adalah temperatur kamar dan persen berat katalis basa KOH 1 %. Hal ini yang mendasari banyaknya konsentrasi katalis basa NaOH yang digunakan pada tahap reaksi transesterifikasi dalam penelitian ini.

Proses pembuatan *biodiesel* yaitu dikatalisis dengan katalis asam atau basa, kebanyakan katalis basa lebih baik karena lebih cepat bereaksi dan memerlukan suhu dan tekanan yang rendah daripada katalis asam (Anderson dan Boudart, 1981).

Dalam proses minyak direaksikan dengan alkohol dengan bantuan katalisator. Alkohol yang banyak digunakan adalah metanol, karena murah dan mudah didapat. Metanol mudah terbakar dan beracun dapat menyebabkan kebutaan dan kematian. NaOH dan KOH sangat korosif dan akan menyebabkan luka yang parah, jika mengenai kulit. Hasil reaksi metanol dengan NaOH ialah Na dan K metoksida yang juga sangat korosif.

Marckelely (1960) menyebutkan bahwa transesterifikasi berkatalis basa dalam skala besar akan menghasilkan konversi ester secara optimum (90 %) pada temperatur kamar.

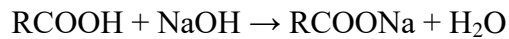
Menurut Yulianti (2002), konversi dan konstanta laju reaksi meningkat sebanding dengan penambahan jumlah katalis. Yulianti juga melaporkan bahwa konversi tertinggi (63,299 %) di capai pada konsentrasi KOH 0,207mgrek/gram dan waktu reaksi 60 menit.

Tedjojuwono (1992) melaporkan bahwa perubahan berat katalis dengan minyak berpengaruh terhadap jumlah gliserol yang terbentuk, kondisi optimum pembuatan gliserol dicapai pada temperatur 62 °C selama 1 jam, perubahan mol metanol dengan minyak sebesar 7,5 % dan perubahan berat katalis NaOH dengan minyak sebesar 0,5 % (b/b).

Encinar et.al (2002) juga telah mempelajari pengaruh jenis dan konsentrasi katalis, dalam hal ini katalis basa terhadap konversi biodiesel melalui reaksi transesterifikasi dalam media etanol. Penggunaan katalis divariasikan dari 0% hingga 1,5% dengan selisih 0,25% yang menunjukkan hasil pada konsentrasi 1% diperoleh konversi biodiesel optimum, karena di atas 1% terjadi penurunan konversi. Semakin tinggi konsentrasi katalis maka semakin meningkat konversi produk transesterifikasi, tapi untuk konsentrasi yang telah tinggi akan dapat menyebabkan penurunan produk karena dapat merusak kandungan asam lemak.

Para peneliti sebelumnya menemukan permasalahan mengkonversikan *biodiesel* dengan katalis basa jika digunakan bahan dasar yang mengandung asam

lemak bebas tinggi sulit untuk dikonversi menjadi *biodiesel* dengan katalis basa seperti NaOH dan KOH



Karena terjadi reaksi penyabunan untuk menghambat reaksi transesterifikasi. Beberapa peneliti menyatakan bahwa katalis asam lebih baik digunakan untuk mengkonversi minyak dengan kandungan asam lemak bebas tinggi menjadi *biodiesel*.

Arrowsmith (1945) telah melakukan penelitian lebih lanjut tentang alkil ester. Arrowsmith menyatakan bahwa katalis basa alkali harus seminimal mungkin, karena jumlah sabun akan meningkat dengan semakin banyaknya jumlah katalis basa alkali. Dia juga melakukan pengamatan bahwa dengan meningkatkannya jumlah alkohol sampai berlebih dapat meminimalkan jumlah katalis yang dibutuhkan. Namun masalah yang ditimbulkan akibat alkohol yang berlebihan ini adalah saat pemisahan ester dan gliserol terutama untuk etanol dan molekul alkohol yang lebih besar.

Reaksi esterifikasi berjalan dengan cepat pada keadaan asam, katalis asam yang biasa digunakan dalam reaksi adalah asam sulfat (H_2SO_4) yang merupakan katalis asam homogen. Agar reaksi transesterifikasi terkatalisis basa berhasil, kandungan asam lemak bebas harus lebih kecil dari 0,5 % dan alkohol rantai pendek harus murni (Saefudin, 2005)

Minyak nabati yang lazim digunakan dalam produksi biodiesel merupakan trigliserida yang mengandung asam oleat dan asam linoleat. Lemak yang lazim digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biodiesel merupakan trigliserida yang mengandung asam palmitat, asam stearat dan asam oleat (Saefudin,2005).

May (2004) menggunakan spektrometer resonansi magnetik inti karbon (*Carbon Nuclear Magnetic Resonance* = ^{13}C NMR) untuk menentukan komposisi metil ester, trigliserida, dan asam lemak pada transesterifikasi minyak sawit. Selain dengan *Spectrometer* ^{13}C NMR, resonansi magnetik inti proton (*Proton Nuclear Magnetic Resonance* = ^1H NMR) juga dapat digunakan untuk menentukan presentase konversi metil ester dalam transesterifikasi.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 *Biodiesel*

Pengertian *biodiesel* secara umum adalah semua bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber daya alam/hayati atau biomassa. Pengertian yang lebih sempit dan diterima di industri, *biodiesel* adalah bahan bakar mesin/motor diesel yang terdiri dari ester monoalkil dari asam-asam lemak. *Biodiesel* mentah dibuat dari trigliserida-trigliserida dan asam-asam lemak dengan proses reaksi kimia Transesterifikasi dan esterifikasi.

Sumber alam utama dari trigliserida maupun asam lemak adalah lemak atau minyak lemak (mentah) yang diperoleh dari tumbuhan dan hewan. (Soerawidjaja,2006)

Biodiesel juga dapat dikatakan sebagai bahan bakar ramah lingkungan, karena terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui dan mempunyai tingkat emisi lebih rendah jika dibanding dengan minyak diesel. *Biodiesel* murni tidak mengandung petroleum (minyak bumi).

Biodiesel dalam bentuk metil ester mempunyai berat molekul, titik beku, titik didih, dan viskositas minyak akan menjadi lebih rendah. Disamping itu senyawa gliserin yang merupakan produk samping hasil degradasi minyak tumbuhan dan hewan dapat dipisahkan pada proses pembuatan *biodiesel*.

Menurut Ma dan Hanna *Biodiesel* dapat dihasilkan dengan 4 cara : dengan cara mencampur langsung, mikro emulsi, pirolisis, *cracking* dan dengan cara yang lazim digunakan yaitu transesterifikasi (Mastutik, 2006)

Produksi *biodiesel* dapat dilakukan melalui transesterifikasi minyak dengan metanol ataupun esterifikasi langsung asam lemak hasil hidrolisis minyak dengan metanol. Namun transesterifikasi lebih intensif dikembangkan, karena proses ini lebih efisien dan ekonomis. Transesterifikasi dilakukan antara minyak yang terdiri dari molekul-molekul trigliserida dengan metanol.

Adanya senyawa trigliserida pada produk *biodiesel* dapat disebabkan oleh konversi minyak tumbuhan dan hewan yang kurang sempurna selama transesterifikasi atau reaksi balik antara gliserin dengan metil ester. Senyawa gliserida dalam *biodiesel* tidak terbakar secara sempurna, sehingga dapat merusak mesin diesel (Jenny dan Tri, 2001).

Persyaratan mutu *biodiesel* di Indonesia sudah dibakukan dalam SNI-04-7182-2006, yang telah disahkan dan diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) tanggal 22 Februari 2006 (tabel 3.1).

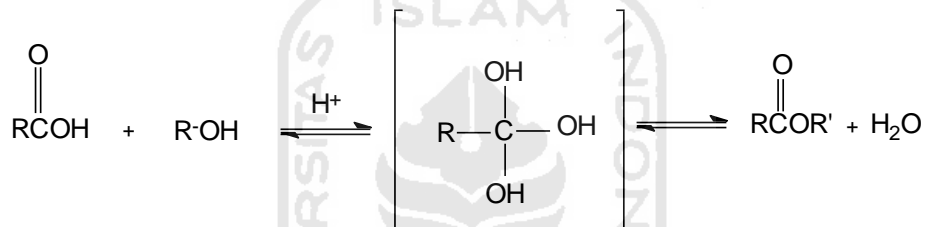
Tabel 1. Persyaratan kualitas *biodiesel* menurut SNI-04-7182-2006

| Parameter dan satuannya | Batasan | Test Method ASTM |
|---|-------------|------------------|
| Massa jenis pada 40 °C, kg/m ³ | 850-890 | D 1298 |
| Viskositas kinematik pada 40 °C, mm ² /s (cSt) | 2.3-6.0 | D 445 |
| Angka setana | min 51 | D 613 |
| Titik nyala (mangkok tertutup), °C | min100 | D 93 |
| Titik Kabut, °C | maks 18 | D 2500 |
| Korosi bilah tembaga (3 jam, 50 °C) | maks. No 3 | D 130 |
| Residu karbon, %-berat | | D 4530 |
| - dalam contoh asli | maks 0.05 | |
| - dalam 10% ampas distilasi | (maks 0.03) | |
| air dan sedimen, %-vol | maks 0.05 | D 2709 |
| temperatur distilasi 90 %, °C | maks 360 | D 1160 |
| Abu tersulfaktan, %-berat | maks 0.02 | D 874 |

Sumber :.Soerawidjaja,2006

3.2 Esterifikasi

Esterifikasi adalah suatu reaksi antara asam karboksilat dengan alkohol yang membentuk suatu ester. Reaksi esterifikasi yang direaksikan dengan katalis asam merupakan reaksi reversibel. Untuk memperoleh rendemen tinggi dari ester, kesetimbangan harus digeser ke arah sisi ester. Esterifikasi asam-asam lemak merupakan reaksi kesetimbangan yang lambat, walaupun sudah dipercepat dengan adanya katalis dengan yang cukup (Formo, 1954 dalam makalah Tatang.H Soerawidjaja). Reaksi Esterifikasinya sebagai berikut :



Gambar 1. Reaksi esterifikasi dengan katalis asam
(Fessenden and Fessenden, 1982)

Posisi kesetimbangan reaksi esterifikasi juga tidak sangat berpihak kepada pembentukan metil ester, sehingga untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung sampai ke konversi sempurna pada temperatur yang relatif rendah, reaktan metanol harus dalam jumlah yang berlebih dan air produk ikutan reaksi harus dihilangkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak, penyingkiran dapat dilakukan dengan mengabsorpsi air yang terbentuk dengan garam-garam anhidrat yang membentuk padatan berhidrat.

Reaksi esterifikasi minyak yang mengandung asam lemak bebas tinggi menggunakan katalis asam kuat seperti asam kuat seperti asam sulfat, reaksi ini tidak menghasilkan sabun, karena tanpa melibatkan logam alkali.

3.3 Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara ester dengan alkohol yang menghasilkan ester baru dan alkohol baru (Allinger,1976). Reaksi transesterifikasi disebut juga reaksi alkoholisis dari ester, karena reaksi tersebut disertai dengan pertukaran bagian alkohol dari suatu ester. Transesterifikasi dapat berlangsung bolak-balik (*reversible*), sehingga salah satu reaktan dapat di buat berlebih agar di peroleh hasil yang maksimal.

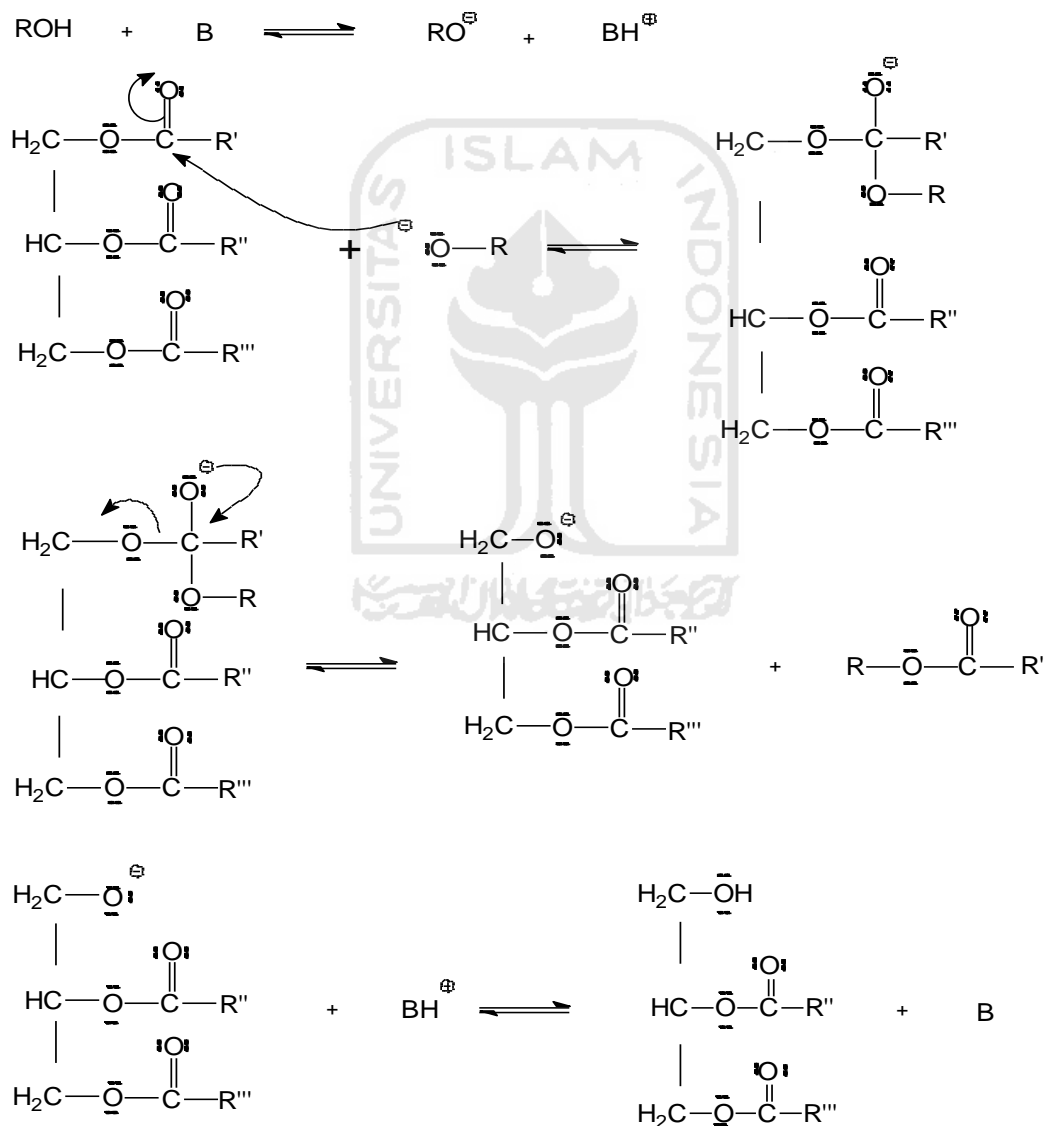
Katalis basa yang paling efektif dalam transesterifikasi dibandingkan dengan katalis asam. Transesterifikasi dengan katalis basa terjadi lebih cepat daripada transesterifikasi dengan katalis asam pada jumlah katalis yang sama. Transesterifikasi dengan katalis basa dapat berlangsung pada temperatur kamar (Encinar dkk, 2001)

Katalis basa yang paling populer adalah untuk reaksi transesterifikasi adalah natrium hidroksida, kalium hidroksida, natrium metilat (metoksida) dan kalium metilat.

Formo, 1954 dalam makalah Tatang.H Soerawidjaja mengatakan dengan katalis basa, reaksi metanolisis sudah berlangsung cepat pada temperatur relatif rendah (temperatur kamar sampai titik didih normal metanol, yaitu 65°C).

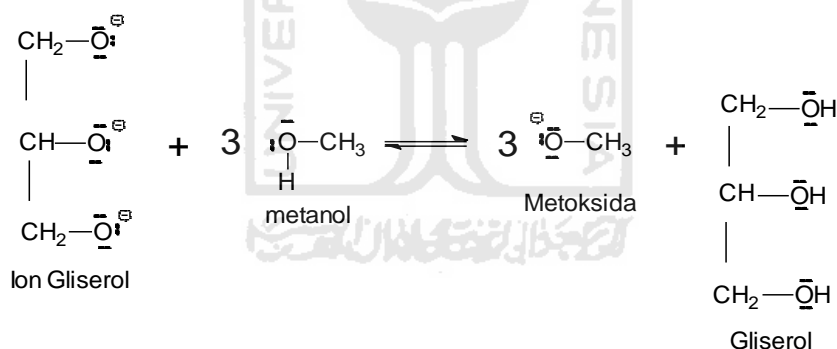
Air dalam sistem transesterifikasi dapat terkandung dalam minyak maupun metanol yang digunakan. Ion hidroksida bereaksi dengan trigliserida menghasilkan ion karboksilat dan gliserol. Ester bereaksi dengan ion hidroksida menghasilkan ion karboksilat dan metanol. Jadi terdapatnya ion hidroksida juga dapat menurunkan konversi ester dari minyak.

Reaksi Transesterifikasi, sering disebut alkoholisis yaitu pemindahan alkohol dari sebuah ester oleh alkohol lain dalam proses yang mirip dengan hidrolisis, kecuali alkohol digunakan sebagai pengganti air. Hasil yang diperoleh adalah molekul trigliserida (90-98% dari minyak nabati/lemak hewani) yang panjang dan bercabang ditransformasikan menjadi ester-ester yang lebih pendek dengan ukuran dan karakter yang mirip dengan minyak diesel.



Gambar 2. Mekanisme lengkap reaksi transesterifikasi dengan katalis basa.
(Schuchardt *et.al.*, 1998)

Transesterifikasi dengan katalis basa menggunakan katalis logam alkali alkoksida dari alkohol, dimana gugus alkoksida (:OR) berperan sebagai nukleofil. Reaksi pembuatan ester dalam kondisi basa suatu ester dengan ion alkoksida adalah reaksi substitusi nukleofilik melalui pembentukan intermediet tetrahedral. Gambar 2 menunjukkan mekanisme lengkap dari reaksi transesterifikasi minyak dengan katalis basa NaOH. Reaksi transesterifikasi dengan katalis basa dalam media metanol merupakan reaksi bebas air. Adanya air akan dapat menyebabkan terjadi reaksi saponifikasi yang dapat menurunkan konversi metil ester yang terbentuk. Ion gliserida kemudian bereaksi dengan metanol menghasilkan gliserol. Apabila penambahan jumlah metanol secara berlebih dimungkinkan terjadi reaksi seperti berikut :



Gambar 3. Reaksi ion gliserida dengan metanol berlebih.

Bila bahan baku minyak yang digunakan minyak yang telah diproses (*Refined Fatty Oil*) dengan kadar air dan asam lemak bebas yang rendah, maka proses esterifikasi dengan katalis basa bisa langsung dilakukan terhadap minyak tersebut. Transesterifikasi pada dasarnya terdiri dari 4 tahapan, yakni :

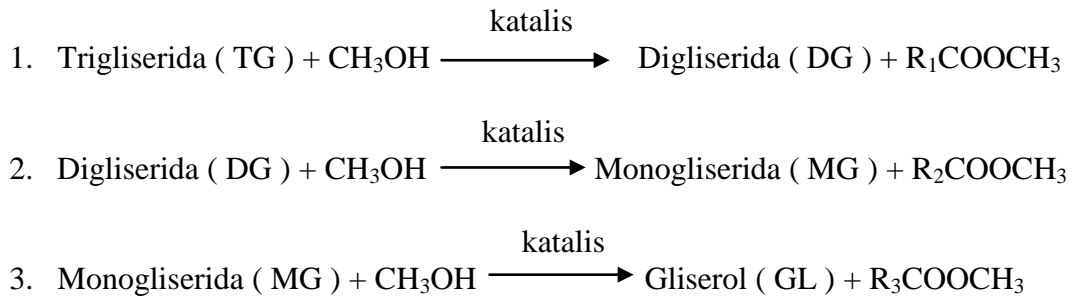
- 1) Pencampuran katalis basa (umumnya sodium hidroksida atau potasium hidroksida) dengan alkohol (umumnya metanol). Konsentrasi basa yang

digunakan bervariasi antara 0,5-1wt% terhadap massa minyak. Sedangkan alkohol diatur pada rasio molar antara alkohol terhadap minyak sebesar 9:1.

- 2) Pencampuran alkohol dan basa dengan minyak di dalam wadah yang dijaga pada temperatur tertentu (sekitar 40-60°C) dan dilengkapi dengan pengaduk (baik magnetik ataupun motor elektrik) dengan kecepatan konstan (umumnya pada 600 rpm). Keberadaan pengaduk sangat penting untuk memastikan terjadinya reaksi metanolisis secara menyeluruh di dalam campuran. Reaksi metanolisis ini dilakukan sekitar 1-2 jam.
- 3) Setelah reaksi metanolisis berhenti, campuran didiamkan dan perbedaan densitas senyawa di dalam campuran akan mengakibatkan separasi antara metil ester dan gliserol. Metil ester dipisahkan dari gliserol dengan teknik separasi gravitasi.
- 4) Metil ester (*biodiesel*) tersebut kemudian dibersihkan menggunakan air distilat untuk memisahkan zat-zat pengotor seperti metanol, sisa katalis basa, gliserol dan sabun-sabun. Lebih tingginya densitas air dibandingkan dengan metil ester menyebabkan prinsip separasi gravitasi berlaku : air berposisi di bagian bawah sedangkan metil ester di bagian atas.

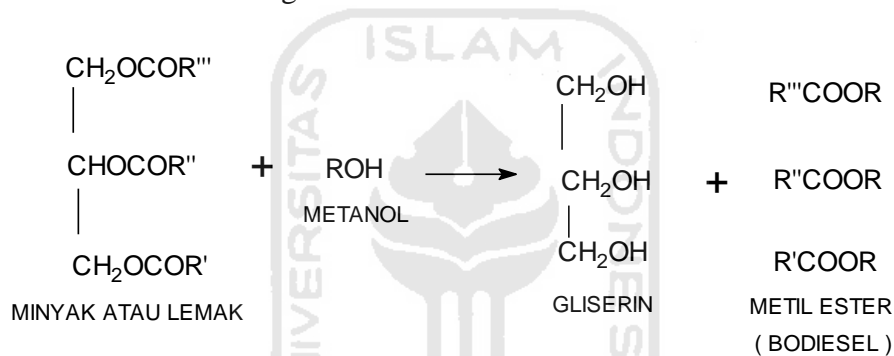
Reaksi transesterifikasi dengan alkohol juga dikenal dengan nama alkoholisis.

Tanpa adanya katalis, sebenarnya reaksi berlangsung amat lambat. Katalis bisa berupa zat yang bersifat basa, asam, atau enzim. Efek pelancaran reaksi dari katalis basa adalah yang paling besar, sehingga katalis inilah yang sekarang lazim diterapkan dalam praktek. Reaksi metanolisisnya sendiri sebenarnya berlangsung dalam tiga tahap sebagai berikut :



Gambar 4. Reaksi metanolisis dalam tiga tahap
(Soerawidjaja, 2006)

Persamaan stoikiometri generik reaksi transesterifikasi triglicerida dengan metanol adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Reaksi transesterifikasi triglicerida dengan metanol

Biodiesel mentah yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak atau esterifikasi asam lemak, biasanya masih mengandung sisa-sisa katalis, metanol, dan gliserol (atau air). Untuk memurnikannya, *biodiesel* mentah tersebut dapat dicuci dengan air, sehingga pengotor-pengotor tersebut larut dalam ke dalam dan terbawa oleh fasa air pencuci yang selanjutnya dipisahkan. Air yang dipakai untuk mencuci disarankan mengandung sedikit asam/basa untuk menetralkan sisa-sisa katalis. *Biodiesel* yang sudah dicuci kemudian dikeringkan pada kondisi vakum untuk menghasilkan produk yang jernih (pertanda bebas air) dan bertitik nyala $\geq 100^{\circ}\text{C}$ (pertanda bebas metanol).

Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi :

a. Minyak

Reaksi minyak dengan kandungan asam lemak jenuh besar seperti minyak kelapa (asam Laurat, C_{12}) akan lebih cepat jika dibandingkan dengan reaksi minyak dengan kandungan asam lemak tidak jenuh yang besar seperti minyak kelapa sawit (asam palmitat, C_{16}) hal tersebut di sebabkan asam lemak jenuh berantai pendek memiliki atom C karbonil lebih terbentuk sehingga lebih mudah terserang nukleofil (Sulistyaningrum, 2004).

b. Jenis alkohol

Jenis alkohol yang berperan sehingga pelarut dalam reaksi transesterifikasi adalah alkohol dengan reaksi pendek seperti metanol, etanol, propanol dan butanol. Pengaruh yang timbul adalah pada laju reaksi dan hasil akhir (produk). Pada umumnya, alkohol dengan reaksi pendek akan lebih cepat bereaksi, jika dibandingkan dengan alkohol rantai panjang. Hal itu pula yang menyebabkan metanol dan butanol banyak dipilih sebagai pelarut dalam reaksi transesterifikasi selain dari segi harga relatif murah.

Schuchardt (1997) mengatakan alkohol digunakan berlebih di dalam reaksi transesterifikasi tujuannya adalah untuk meningkatkan produk ester karena reaksi bersifat *reversible* sehingga kesetimbangan dapat digeser ke arah pembuatan produk (Sulistyaningrum, 2004).

c. Temperatur

Eckey (1954) menyatakan bahwa temperatur yang lebih tinggi tidak mengurangi waktu reaksi untuk memperoleh hasil yang maksimal. Semakin tinggi

temperatur, laju reaksi makin bertambah, tapi temperatur yang rendah dapat digunakan untuk lebih menyempurnakan reaksi (Sulistyaningrum, 2004).

d. Katalis

Semakin tinggi konsentrasi katalis, maka semakin meningkat konversi produk transesterifikasi, tapi untuk konsentrasi yang tinggi akan dapat menyebabkan penurunan produk karena dapat merusak kandungan asam lemak.

e. Rasio mol alkohol/minyak

Secara stokiometri 1 mol trigliserida bereaksi dengan 3 mol alkohol akan menghasilkan 3 mol ester dan 1 mol gliserol. Rasio mol alkohol minyak yang sesuai dengan stokiometri adalah 3:1

3.4 Lemak dan Minyak

Minyak dan lemak termasuk salah satu anggota dari golongan lipid, yaitu merupakan lipid netral. Lipid itu sendiri dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelas yaitu : lipid netral, posfatida, spingolipid, glikolipid. Lemak dan minyak terdiri dari trigliserida campuran, yang merupakan ester dari gliserol dan asam lemak rantai panjang. Minyak nabati terdapat dalam buah-buahan, kacang-kacangan, biji-bijian, akar tanaman, dan sayur-sayuran. Dalam jaringan hewan lemak terdapat di seluruh badan, tetapi jumlah terbanyak terdapat dalam jaringan adipose dan tulang sumsum. Lemak tersebut jika dihidrolisis menghasilkan 3 molekul lemak rantai panjang dan 1 molekul gliserol.

Lemak adalah suatu ester asam lemak dan gliserol. Gliserol adalah suatu trihidroksi alkohol yang terdiri atas tiga atom karbon, jadi tiap atom karbon

mempunyai gugus-OH. Pada lemak, satu molekul gliserol mengikat tiga molekul asam lemak, oleh karena itu lemak adalah suatu trigliserida. R_1 -COOH, R_2 -COOH, R_3 -COOH ialah molekul asam lemak yang terikat pada gliserol.

Lemak hewan pada umumnya berupa zat padat pada suhu ruangan, sedangkan lemak yang berasal dari tumbuhan berupa zat cair. Lemak yang mempunyai titik lebur tinggi mengandung asam lemak jenuh, sedangkan lemak cair atau yang biasa disebut minyak mengandung asam lemak tidak jenuh. Lemak hewan dan lemak tumbuhan mempunyai susunan asam lemak yang berbeda.

Minyak dan lemak dapat diklasifikasikan berdasarkan sumbernya, sebagai berikut

1. Bersumber dari Tanaman

- a) Biji-bijian Palawija : minyak jagung, biji kapas, kacang, *rape seed*(minyak lobak), wijen, kedelai, bunga matahari.
- b) Kulit buah tanaman tahunan: minyak zaitun dan kelapa sawit
- c) Biji-bijian dari tanaman tahunan : kelapa, coklat, inti sawit, *babassu, cohune* dan sejenisnya.

2. Bersumber dari Hewani

- a) Susu hewan peliharaan : lemak susu
- b) Daging hewan peliharaan : lemak sapi dan turunannya *oleostearin, oleo oil* dari *oleo stock*, lemak babi, dan *mutton tallow*.
- c) Hasil laut : minyak ikan sardin, *menhaden* dan sejenisnya, dan minyak ikan paus.

Adapun perbedaan umum antara lemak nabati dan hewani adalah

1. Lemak hewani mengandung kolesterol sedangkan lemak nabati mengandung fitosterol.
2. Kadar asam lemak tidak jenuh dalam lemak hewani lebih kecil dari lemak nabati.
3. Lemak hewani mempunyai bilangan *Reichert-Meissl* lebih besar dan bilangan *Polenske* lebih kecil dibanding dengan minyak nabati.

Klasifikasi lemak nabati dan hewani berdasarkan sifat fisiknya adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Klasifikasi Lemak Hewani

| Kelompok Lemak | Jenis Lemak |
|--|--|
| 1. Lemak (berwujud padat) | |
| a) Lemak susu (<i>Butter Fat</i>) | Lemak dari susu sapi, kerbau, kambing dan domba |
| b) Hewan peliharaan (gol.mamalia) | Lemak babi, <i>skin grease</i> , <i>mutton tallow</i> , lemak tulang, lemak/gemuk wool |
| 2. Minyak (berwujud Cair) | |
| a) Hewan peliharaan | Minyak <i>neats foot</i> |
| b) Ikan | Minyak ikan paus, salmon, <i>sardine</i> , <i>menhaden jap</i> , <i>herring</i> , <i>shark</i> , <i>dog fish</i> , ikan lumba-lumba dan minyak porpoise. |

Sumber : *Hilditch*,(1945)

Trigliserida dapat berwujud padat atau cair, dan hal ini tergantung dari komposisi asam lemak yang menyusunnya. Sebagian besar minyak nabati berbentuk cair karena mengandung sejumlah asam lemak tidak jenuh, yaitu asam oleat, linoleat, atau asam linoleat dengan titik cair yang rendah. Lemak hewani pada umumnya berbentuk padat pada suhu kamar karena banyak mengandung

asam lemak jenuh, misalnya asam palmitat dan stearat yang mempunyai titik cair lebih tinggi.

Dengan adanya air, lemak dapat terhidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Lemak atau minyak hewani dan nabati terdiri dari gliserida dan komponen lainnya, sehingga tidak mempunyai titik cair yang tepat, tetapi mencair diantara kisaran suhu tertentu.

Menurut Krischenbauer (1960) asam lemak selalu menunjukkan kenaikan titik cair dengan semakin panjangnya rantai karbon. Asam lemak yang derajat ketidajenuhannya semakin tinggi, mempunyai titik cair yang semakin rendah. Asam lemak yang berstruktur *trans* mempunyai titik cair yang lebih tinggi daripada asam lemak yang berstruktur *cis*.

Kelarutan minyak atau lemak dalam suatu pelarut ditentukan oleh sifat polaritas asam lemaknya. Asam lemak yang bersifat polar cenderung larut dalam pelarut polar, sedangkan asam lemak non polar larut dalam pelarut non polar. (Ketaren, 1986).

3.4.1 Asam Lemak

Asam lemak adalah asam organik yang terdapat sebagai ester trigliserida atau lemak, baik yang berasal dari hewan atau tumbuhan. Asam lemak jenuh tidak mempunyai ikatan rangkap sehingga mempunyai titik lebur yang lebih tinggi sedangkan pada asam lemak tidak jenuh mempunyai ikatan rangkap dan mempunyai titik lebur yang rendah.

Asam lemak adalah asam organik berantai panjang yang mempunyai atom karbon dari 4 sampai 24, asam lemak memiliki gugus karboksil tunggal dan ekor

hidrokarbon nonpolar yang panjang yang menyebabkan kebanyakan lipida bersifat tidak larut di dalam air dan tampak berminyak atau berlemak. Lipida sendiri adalah senyawa organik berminyak dan berlemak yang tidak larut dalam air, yang dapat diekstrak dari sel dan jaringan oleh pelarut nonpolar, seperti kloroform, atau eter. Jenis lipida yang paling banyak digunakan adalah lemak atau triasgliserol

Asam lemak yang umum dijumpai bersifat tidak larut di dalam air, tetapi dapat terdispersi menjadi misel di dalam NaOH atau KOH encer yang mengubah asam lemak menjadi sabun (Thenawijaya, 1982).

Lipida yang paling sederhana dan paling banyak mengandung asam lemak sebagai unit penyusun adalah triasgliserol. Triasgliserol adalah ester dari alkohol gliserol dengan tiga molekul asam lemak. Triasgliserol adalah komponen utama dari lemak penyimpan atau depot lemak pada sel tumbuhan dan hewan. triasgliserol yang hanya mengandung asam lemak jenuh seperti tristearin, komponen utama dari lemak ginjal sapi, merupakan padatan putih berlemak pada suhu kamar.

Minyak *olive* yang berbentuk cair pada suhu kamar terutama mengandung asam lemak (cair) tidak jenuh. Lemak sapi, yang kaya akan asam lemak jenuh berantai panjang, berbentuk padatan pada suhu kamar. Lemak mentega, yang mengandung sejumlah besar asam lemak berantai pendek bersifat lunak pada suhu kamar (Thenawijaya, 1982).

3.5 Karakterisasi Biodiesel

3.5.1 Metode Analisis Asam Lemak dan Trigliserida dalam Biodiesel

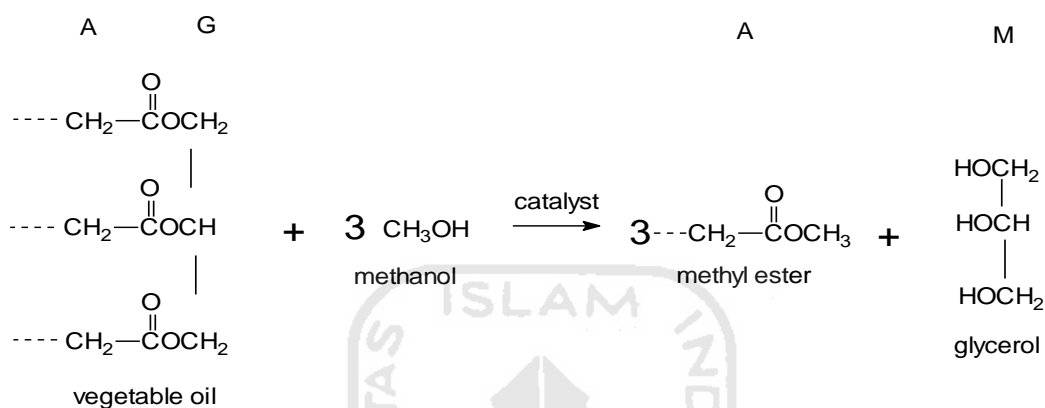
Untuk penentuan kualitas biodiesel digunakan GC, FTIR, dan $^1\text{H-NMR}$. Pengolahan dan beberapa kontaminan di analisis menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) yang sebelumnya GC juga memberikan laporan. Menurut Gelbard (1995) dalam Knothe (2000), *Spectroscopy* $^1\text{H NMR}$ digunakan untuk manentukan hasil reaksi transesterifikasi minyak dengan metanol.

Pinto. et. al., 2005 mengatakan dengan GC dapat dilakukan pemisahan, kualitifitas dan analisis asam lemak, dengan terlebih dahulu dibuat turunan asam lemak tersebut untuk meningkatkan volatilitas dan menghindari terjadinya puncak yang mempunyai ekor (*tailing*). Analisis dengan GC yang dilanjutkan analisis dengan spektroskopi massa (*Mass Spectroscopy* = MS) dapat diketahui fragmentasi asam lemak jenuh dan tak jenuh dan juga letak cabang yang ada dalam asam lemak tersebut (Knothe, 2000).

Daun, Santo, dan Janosch (dalam Knothe 2000) secara terpisah telah melaporkan penggunaan spektro infra merah dekat (*near infra red*= NIR) untuk menganalisis asam lemak. Knothe dalam laporannya menyatakan bahwa dengan menggunakan spektroskopi NIR, Metil ester dan trigliserida (minyak nabati) yang muncul pada daerah 6005 cm^{-1} dan $4425\text{-}4430\text{ cm}^{-1}$ dapat dideteksi. Hal ini dapat digunakan sebagai dasar untuk menghitung jumlah trigliserida yang masih ada dalam metil ester (*Biodiesel*).

Transesterifikasi minyak tanaman dan lemak hewan dengan alkohol seperti metanol dan menggunakan katalis basa seperti NaOH atau KOH memberikan

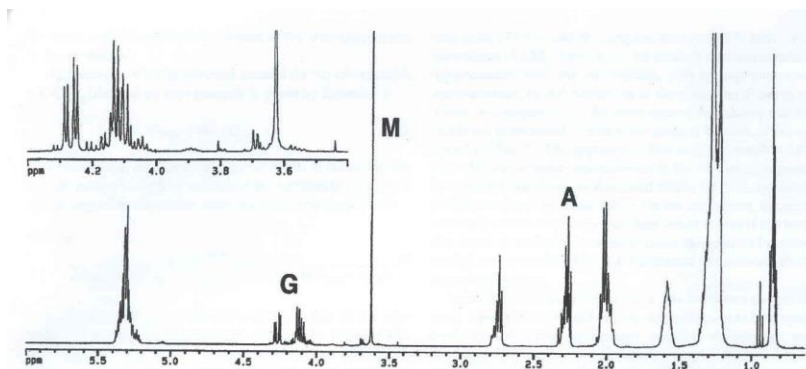
hasil mono alkil ester, di mana proton metil ester di kombinasikan dengan α -CH₂ atau proton gliserida. untuk memonitor reaksi dinggunakan spektroskopi ¹H *Nuclear Magnetic Resonance* (¹H-NMR). Kemunculan α -CH₂ proton, glisiridic, dan proton metil ester diindikasikan dengan A,G dan M.



Gambar 6. Reaksi minyak tumbuhan dengan metanol

Selain dengan spektroskopi NIR, resonansi magnetik inti proton (*Proton Nuclear Magnetic Resonance* = ¹H-NMR) juga dapat digunakan untuk mengetahui presentase metil ester yang diperoleh dalam reaksi transesterifikasi. ¹H-NMR dipilih untuk mencari hubungan dan mengecek hasil dengan metode analitik yang lain.

Dengan spektrometer ¹H NMR puncak proton metoksi dari metil ester akan tampak pada 3,7 ppm, puncak proton gugus α -karbonil metilen pada 2,3 ppm yang terdapat dalam senyawa asam lemak, puncak pada 4,2 ppm merupakan tipe proton pada ikatan gliserida (*glyceridic*) (Knothe, 2000). Pada gambar 7 disajikan contoh spektrum ¹H NMR untuk tristearin, reaksi transesterifikasi setelah 5 menit (pada 45 °C) dan metil stearat.



Gambar 7. Spektrum ^1H NMR transesterifikasi yang diperoleh saat reaksi berjalan 5 menit pada $45\text{ }^\circ\text{C}$. Huruf A,G, dan M menyatakan proton CH_2 , *gliceridic* dan metil ester.

Konversi (%) alkil ester hasil transesterifikasi dari minyak nabati atau lemak hewani dapat dihitung berdasarkan presentase spektra dari proton pada tipe ikatan gliserida dan spektra proton metil ester. Presentase dari puncak-puncak tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan konversi biodiesel dengan menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$C_{\text{ME}} = 100 \times \frac{5 \times I_{\text{ME}}}{5 \times I_{\text{ME}} + 9 \times I_{\text{TAG}}} \quad (1)$$

dimana :

C_{ME} = konversi metil ester, %

I_{ME} = nilai integrasi puncak metil ester, %

I_{TAG} = nilai integrasi puncak triasilgliserol, %

Faktor 5 berasal dari 5 proton gliserol, sedangkan faktor 9 berasal dari 3 kali 3 proton metil ester (Knothe, 2000)

Dasar pendekatan proton metoksi hasil produk metil ester dan proton $\alpha\text{-CH}_2$ dapat pula dengan persamaan 2 sebagai berikut :

$$C_{\text{ME}} = 100 \times \frac{2 \times I_{\text{ME}}}{3 \times I_{\alpha\text{-CH}_2}} \quad (2)$$

dimana :

- C_{ME} = konversi metil ester, %
 I_{ME} = nilai integrasi puncak metil ester, %
 $I_{\alpha-CH_2}$ = nilai integrasi puncak $\alpha-CH_2$, %

Faktor 2 terdapat dalam karbon metil yang mempunyai dua proton dan faktor 3 terdapat dalam karbon alkohol (metanol) yang mempunyai tiga proton berdekatan (Knothe, 2001).

Presentase triasgliserida yang masih ada dalam produk dapat ditentukan dengan persamaan 3 sebagai berikut :

$$C_{TAG} \% = 100 - C_{ME} \quad (3)$$

dimana :

- C_{TAG} = triasgliserida yang tidak terkonversi, %
 C_{ME} = konversi metil ester, %

Untuk menentukan sisa TAG dalam produk dalam sabun presentase massa digunakan rumus 4 sebagai berikut :

$$Wt \%_{TAG} = \frac{C_{TAG} \times MW_{TAG} \times d_{TAG}}{(C_{TAG} \times MW_{TAG} \times d_{TAG}) + (3 \times C_{ME} \times MW_{ME} \times d_{ME})} \quad (4)$$

dimana :

- MW_{TAG} = BM triasgliserida, g/mol
 MW_{ME} = BM metil ester, g/mol
 d_{TAG} = densitas triasgliserida, Kg/m³
 d_{ME} = densitas metil ester, Kg/m³

3.5.2 Uji Karakter ASTM Biodiesel

Uji produk *biodiesel* yang dilakukan di laboratorium sebagian bersifat fisis dan sebagian lainnya bersifat kimia. Dalam usaha menjamin kualitas *biodiesel* harus dibandingkan dengan spesifikasi ASTM untuk *biodiesel*. Hasil yang

diproduksi harus memenuhi uji ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

Bahan bakar diesel adalah fraksi minyak bumi, yang mendidih sekitar 175-370 °C dan yang digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Sifat-sifat bahan bakar diesel adalah sebagai berikut :

1. Densitas, berat jenis dan Gravitasi API

Densitas minyak adalah massa minyak per satuan volum pada suhu tertentu. Berat jenis (*Specific Gravity*) atau rapat relatif (*Relatif Density*) minyak adalah perbandingan antara rapat minyak pada suhu tertentu dengan rapat air pada suhu tertentu. Untuk minyak bumi suhu yang digunakan adalah 15°C atau 60 °F. Gravitasi API (*American Petroleum Institute*) yang sangat mirip dengan gravitasi Baume adalah suatu besaran yang merupakan fungsi dari berat jenis yang dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\text{Gravitasi API} = \frac{141,5}{S_{60/60^{\circ}\text{F}}} - 131,5$$

Dimana $S_{60/60^{\circ}\text{F}}$ adalah berat jenis pada suhu 60°F.

Densitas, berat jenis dan Gravitasi API minyak bumi dan produknya dapat ditentukan dengan beberapa macam cara, antara lain dengan menggunakan cara hidrometer (ASTM D 1298-85;IP 160/82) yang umumnya dikenakan pada minyak mentah dan produknya yang berupa cairan.

2. Viskositas

Metode yang paling sering digunakan adalah metode pengukuran dengan menggunakan pipa kapiler selanjutnya dapat di cari viskositas *redwood* dalam satuan detik dari pengkonversian nilai viskositas kinematik

$$V.R = 4,054 \times \text{Viskositas kinematik}$$

Pada *biodiesel* viskositas menunjukkan kestabilan dari *biodiesel*. Semakin naik nilai viskositas dari *biodiesel*, stabilitas semakin rendah. Kandungan yang tinggi dari metil ester yang berasal dari asam miristat, asam palmitat dan stearat akan menurunkan viskositas biodiesel, sedangkan keberadaan metil ester yang berasal dari asam lemak tak jenuh akan meningkatkan nilai viskositas (Tyson, 2001)

Viskositas bahan bakar diesel perlu dibatasi. Viskositas yang terlalu rendah dapat mengakibatkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar, sedangkan viskositas yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi kerja cepat alat injeksi bahan bakar dan mempersulit pengabutan bahan bakar minyak. Yang terakhir ini dapat menyebabkan tetes-tetes minyak akan menumbuk dinding dan membentuk karbon atau mengalir menuju ke karakter dan mengencerkan minyak. Untuk menentukan besarnya viskositas menggunakan alat viskosimeter. Viskositas kinematis dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = C t$$

Dimana V = viskositas kinematis dalam sentistoke
 t = waktu alir dalam detik
 C = konstate viskosimeter.

Jika konstanta viskositasmeter pipet belum diketahui, maka perlu dilakukan kalibrasi dengan menggunakan cairan baku.

3. Titik Kabut

Titik kabut (*cloud point*) adalah suhu tertinggi di mana kristal malam parafin akan terlihat sebagai kabut pada dasar tabung uji bila minyak didinginkan pada kondisi tertentu (ASTM D 2500-88). Uji ini hanya dapat dikenakan kepada produk minyak bumi yang tembus pandang pada ketebalan 38 mm (1 ½ in) dan dengan titik kabut kurang dari 49 °C (120 °F). Titik kabut ditentukan dengan jalan mendinginkan contoh minyak dan setiap penurunan suhu yang merupakan kelipatan 1 °C (2 °F) diamati pada dasar tabung uji terbentuk kabut. Suhu di mana pada dasar tabung uji mulai terbentuk kabut kristal malam parafin, dicatat sebagai titik kabut contoh minyak. Titik kabut dapat digunakan sebagai petunjuk mengenai kandungan relatif malam parafin dalam produk minyak bumi.

Bahan bakar diesel harus dapat mengalir dengan bebas pada suhu atmosfer terendah dimana bahan bakar ini digunakan. Pada suhu sekitar 10 °F diatas titik tuang, bahan bakar diesel dapat berkabut dan hal ini di sebabkan oleh pemisahan kristal malam yang kecil-kecil. Suhu ini dikenal dengan nama titik kabut. Karena kristal malam dapat menyumbat saringan yang digunakan dalam sistem bahan bakar mesin diesel, maka sering kali titik kabut lebih berarti dari pada titik tuang.

4. TitikTuang

Titik tuang (*pour point*) adalah suhu terendah di mana minyak bumi dan produknya masih dapat di tuang atau mengalir apabila didinginkan pada kondisi tertentu (ASTM D 97-87). Uji titik tuang dapat dikenakan kepada setiap produk

minyak bumi. Titik tuang ditentukan dengan jalan mendinginkan contoh dan setiap penurunan suhu yang merupakan kelipatan 3 °C (5 °F) dilakukan uji sifat alir sebagai titik padat (*solid point*). Titik tuang diperoleh dengan menambah 3 °C (5 °F) kepada titik padat.

Alat uji titik tuang pada dasarnya sama dengan alat uji titik kabut, perbedaannya adalah pada kedudukan termometer contoh. Titik tuang dapat digunakan sebagai petunjuk mengenai besarnya kandungan malam relatif dalam minyak bumi dan produknya. Titik tuang juga menunjukkan suhu terendah di mana minyak bumi dan produknya masih dapat dipompa.

5. Titik Nyala

Titik Nyala (*flash point*) adalah suhu terendah di mana uap minyak bumi dan produknya dalam campurannya dengan udara akan menyala kalau dikenai nyala uji (*test flame*) pada kondisi tertentu. Titik nyala ditentukan dengan jalan memanaskan minyak yang ditempatkan dalam cawan dengan kecepatan pemanasan yang tetap.

Semula uji titik nyala dimaksudkan untuk keamanan, untuk mengetahui sampai suhu berapa orang masih dapat bekerja dengan aman dengan sesuatu produk minyak bumi tanpa timbul bahaya kebakaran, tetapi kemudian ternyata bahwa uji ini dapat juga digunakan untuk menunjuk volatilitas relatif produk minyak bumi.

6. Sisa Karbon Conradson (*Conradson Carbon Residu*)

Sisa karbon *Conradson* (ASTM D 189-88) adalah sisa karbon yang tertinggal setelah produk minyak bumi dikenakan pirolisis yaitu pemanasan tanpa

berkontak udara. Pada uji ini biasanya dikenakan pada produk minyak bumi yang relatif kurang volatil seperti pada bahan bakar solar, minyak gas, minyak bakar dan minyak pelumas. Sisa karbon *Conradson* digunakan sebagai petunjuk mengenai kecenderungan produk minyak bumi untuk memberikan deposit karbon.

Pada sisa karbon *Conradson* ditentukan dengan jalan memanaskan dengan kuat minyak yang telah diketahui beratnya dalam krus tanpa berkontak dengan udara selama waktu tertentu. Pada akhir eksikator dan ditimbang, dan sisa yang tertinggal dihitung sebagai persentase dari minyak mula-mula, dan dilaporkan sebagai sisa karbon *Conradson* (Hardjono, 2001).

3.5.3 Klasifikasi bahan bakar diesel :

ASTM membagi bahan bakar diesel (ASTM D 975-90) menjadi tiga tingkat:

Grade No.1-D : Suatu bahan bakar distilat ringan, yang mencakup sebagian fraksi kerosin dan sebagian fraksi minyak gas, digunakan untuk mesin diesel otomotif dengan kecepatan tinggi.

Grade No.2-D : Suatu bahan bakar distilat menengah bagi mesin diesel otomotif, yang dapat juga digunakan untuk mesin diesel bukan otomotif, khususnya dengan kondisi kecepatan dan beban yang sering berubah-ubah.

Grade No.4-D : Suatu bahan bakar distilat berat atau campuran antara distilat dengan minyak residu, untuk mesin diesel bukan otomotif dengan kecepatan rendah dan sedang dengan kondisi kecepatan dan beban tetap.

Karakteristik bahan bakar diesel terdapat dalam Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Nomor: 004/P/DM/Migas/1979, tanggal: 25 Mei 1979 dapat dilihat dalam tabel 3 tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 3. Karakteristik Minyak Diesel (Industrial Diesel Oil)

| Sifat-Sifat | Batasan | | Test Method ASTM | Lain |
|---------------------------------|---------|-------|---------------------|-------|
| | Min | Max | | |
| Specific Gravity at 60/60 °F | 0.840 | 0.920 | D 1298 | IP 70 |
| Viscosity Redwood 1/100°F, secs | 35 | 45 | D445 | |
| Pour Point, °F | 65 | | D97 | |
| Codranson Carbon Residue, % wt | 1.0 | | D189 | |
| Water Content, % vol | | 0.25 | | D 95 |
| Sediment, % wt | | 0.02 | D473 | |
| Ash, % wt | | 0.02 | D482 | |
| Neutralization Value | | | D974 | |
| Strong acid Number, mg/KOH/gr | | NIL | | |
| Flash point P. M.cc., °F | 150 | | D93 | |
| Colour ASTM | 6 | | D1500 | |

Sumber : Hardjono (2001)

Tabel 4. Karakteristik Minyak Diesel (Automotive Diesel Oil)

| Sifat-Sifat | Batasan | | Test Method ASTM |
|---------------------------------|---------|-------|---------------------|
| | Min | Max | |
| Specific Gravity at 60/60 °F | 0.820 | 0.870 | D 1298 |
| Colour ASTM | | 3.0 | D 1500 |
| Cetane Number or Alternatively | 45 | | D 613 |
| Calculated Cetane Index | 48 | | D 976 |
| Viscosity Redwood 1/100°F, secs | 1.6 | 5.8 | D 445 |
| or Viscosity SSU at 100°F, secs | 35 | 45 | D 88 |
| Pour Point, °F | | 65 | D 97 |
| Sulphur Content, % wt | | 0.5 | D 551/1552 |
| Copperstrip (3hrs/100°C) | No.1 | | D 130 |
| Codranson Carbon Residue, % wt | | | D 189 |
| (on 10 % vol. Bottom) | | 0.1 | |
| Water Content, % vol | | 0.05 | D 95 |
| Sediment, % wt | | 0.01 | D 473 |
| Ash Content, % wt | | 0.01 | D 482 |
| Neutralization | | | |
| Strong acid Number, mg/KOH/gr | | NIL | |
| Total Acid Number, mg KOH/gr | | 0.6 | |

| | | | |
|--------------------------|-----|--|------|
| Flash point P. M.cc., °F | 150 | | D 93 |
| Distillation | | | D 86 |
| Recovery at 300C, % vol | 40 | | |

Sumber : Hardjono (2001)

3.6 Hipotesis

1. Variasi jumlah (volume) katalis basa NaOH berpengaruh terhadap kuantitas biodiesel yang dihasilkan.
2. Proses pembuatan biodiesel pada lemak hewan paling baik dengan menggunakan reaksi dua tahap yaitu reaksi esterifikasi dan transesterifikasi.



BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Seperangkat alat gelas
2. Seperangkat alat refluks seperti : labu leher 3, pendingin bola, pengaduk *magnet + hot plate*, termometer 100° C
3. Pompa vakum
4. *Evaporator Buchi Heating Bath B-490*
5. Timbangan analitik *Sartorius BP 410*
6. ¹H-NMR (*H-Nuclear Magnetic Resonance*) JEOL JNM-MY 60
7. Alat uji ASTM

4.2 Bahan penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Aquadest buatan Lab. Kimia Lanjut FMIPA UII
2. Lemak hewani (Gajih Sapi) yang dibeli dari pasar Kotagede
3. Methanol Teknis buatan E-merck
4. NaOH Teknis buatan E-merck
5. H₂SO₄ P.a. E-merck
6. Na₂S₂O₄ anhidrat E-merck
7. Kertas saring biasa
8. Kertas saring Whatman 42

4.3 Prosedur Penelitian

4.3.1 Penyiapan minyak hewan

Di timbang sebanyak 100 gram lemak hewan (Asumsi berat molekul gajah sapi sebesar 863,73) kemudian di masukan ke dalam labu leher tiga dan di lelehkan pada suhu 70-100 °C selama 15 menit untuk mencairkan gajah sapi yang masih padat.

4.3.2 Pembuatan Biodiesel Proses I (Reaksi Transesterifikasi)

Lemak gajah yang telah di panaskan dimasukkan ke dalam labu leher tiga, kemudian direaksikan dengan metanol (perbandingan minyak dan metanol 1 : 9) dan dilanjutkan dengan katalis basa alkali NaOH 1 M sebanyak 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL (masing-masing reaksi diberi kode berturut-turut : **T-5; T-10; T-15; T-20, dan T-25**). NaOH dilarutkan dalam metanol. Campuran di refluks pada temperatur 65 °C selama 2 jam. campuran hasil reaksi di dinginkan dan terbentuk 2 lapisan, yaitu berturut-turut dari atas ke bawah adalah metil ester (*biodiesel*), gliserol. Lapisan metil ester dan gliserol di pisahkan dengan menggunakan corong pisah. Kemudian Metil ester dievaporasi untuk menghilangkan sisa metanol. Metil ester selanjutnya dicuci dengan aquades dalam corong pisah untuk melarutkan sisa gliserol. langkah terakhir adalah dengan penambahan Na₂SO₄ anhidrous sebanyak 1,5 gram untuk mengikat sisa-sisa air. Kemudian di saring menggunakan whatman 42.

4.3.3 Pembuatan Biodiesel Proses II (Reaksi Esterifikasi dan Transesetrifikasi)

Lemak gajah yang telah dipanaskan dimasukkan ke dalam labu leher tiga, kemudian diesterifikasi asam lemak bebasnya dengan metanol (perbandingan

minyak dan metanol 1 : 12) dan ditambahkan dengan katalis asam H_2SO_4 1 M. campuran direfluk pada temperatur $65\text{ }^\circ C$ selama 2 jam. Setelah campuran diesterifikasi, kemudian campuran ditransesterifikasi dengan metanol (perbandingan minyak dan metanol 1:9) dan ditambahkan dengan katalis basa alkali NaOH 1 M sebanyak 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL (masing-masing reaksi di beri kode berturut-turut : **ET-5; ET-10; ET-15; ET-20; dan ET-25**). NaOH dilarutkan dalam metanol. Campuran direfluk kembali pada temperatur $6\text{ }^\circ C$ selama 2 jam. campuran hasil reaksi didinginkan dan terbentuk 2 lapisan, yaitu berturut-turut dari atas ke bawah adalah metil ester (*biodiesel*), gliserol. Lapisan metil ester dan gliserol di pisahkan dengan menggunakan corong pisah. Kemudian Metil ester dievaporasi untuk menghilangkan sisa metanol. Metil ester selanjutnya dicuci dengan aquades dalam corong pisah untuk melarutkan sisa gliserol. langkah terakhir adalah dengan penambahan Na_2SO_4 anhidrous sebanyak 1,5 gram untuk mengikat sisa-sisa air. Kemudian di saring menggunakan whatman 42.

4.4 Karakterisasi Metil Ester (*Biodiesel*)

- 1 Analisis dengan H-NMR JEOL JNM-MY 60
- 2 Analisis dengan metode ASTM

Karakteristik *biodiesel* yang di analisis dengan metode ASTM adalah meliputi : kerapatan spesifik pada $60/60^\circ F$ (ASTM D 1298), viskositas kinematis $100\text{ }^\circ F$ (ASTM D 445), titik tuang (ASTM D 97), titik nyala (ASTM D 93) dan sisa *carbon Codranson* (ASTM D 189). Metil ester yang dihasilkan di uji dengan karakteristik ASTM dan instrumen NMR (60 Mhz, solvent $CdCl_3$)

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini sebagaimana diungkapkan didepan bertujuan untuk mencari konsentrasi optimum katalis basa pada proses pembuatan biodiesel dari lemak sapi. Bahan-bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah alkohol (metanol), minyak (lemak hewan sapi), dan soda api (NaOH). Prosedur penelitian ini meliputi penyiapan minyak hewan, pembuatan *biodiesel* melalui reaksi transesterifikasi, pembuatan *biodiesel* melalui reaksi esterifikasi yang dilanjutkan transesterifikasi, kemudian dikarakterisasi dengan NMR untuk penentuan sifat-sifat kimia metil ester (*biodiesel*) dan sifat-sifat fisis *biodiesel* ditentukan dengan metode ASTM.

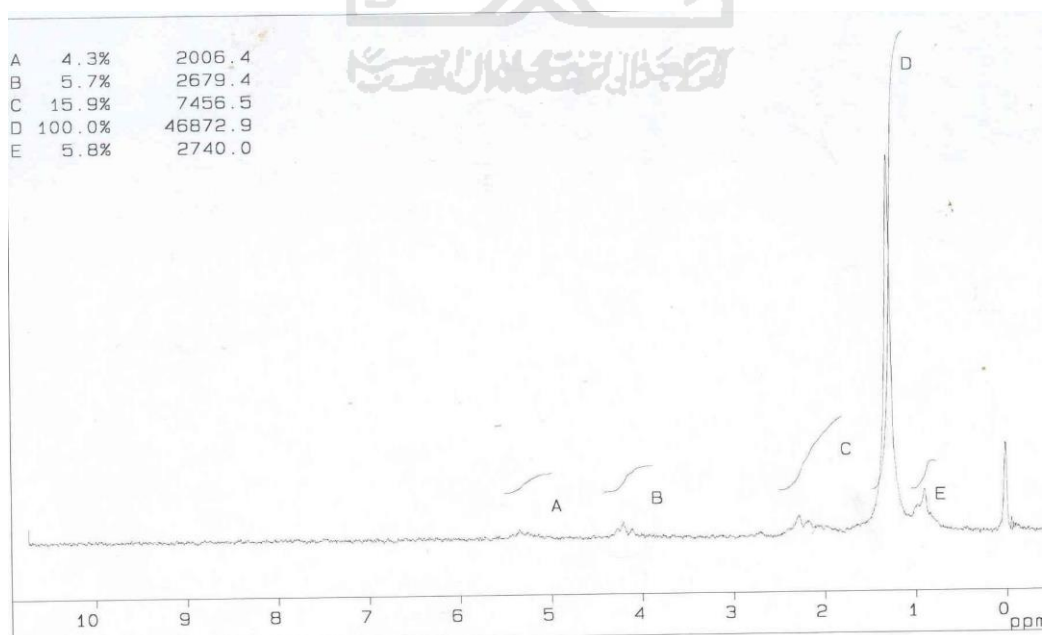
5.1 Penentuan Persentase Konversi *Biodiesel* Minyak Hewan melalui Proses I (Reaksi Transesterifikasi)

Seperti yang dijelaskan pada metode penelitian, lemak hewan yang masih berupa padat pada suhu kamar (Gambar 8), dipanaskan pada suhu 70–90 °C sampai mencair, kemudian ditransesterifikasi dengan metanol (rasio mol metanol : minyak = 1:9) dan penambahan katalis NaOH 1 M sebanyak 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL selama 2 jam pada suhu 65 °C. Produk kemudian dianalisis dengan ¹H-NMR (60 Mhz, solven CdCl₃).



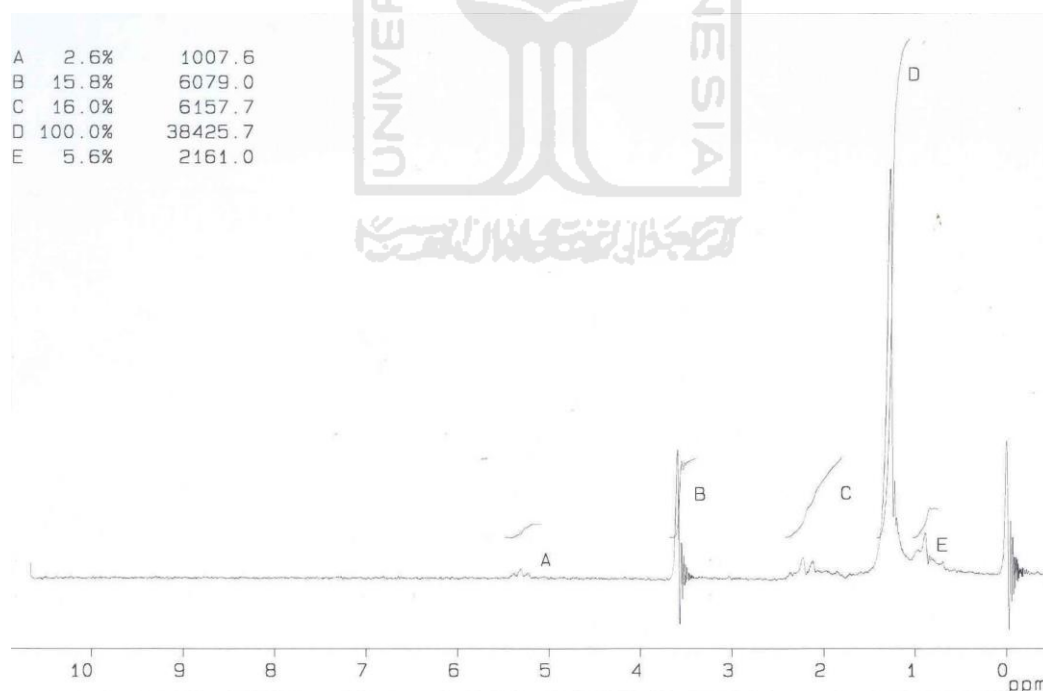
Gambar 8. Lemak sapi (gajih sapi) dalam suhu kamar

Spektra $^1\text{H-NMR}$ dari masing-masing produk *biodiesel* seperti trigliserida maupun turunannya yang khas dapat di lihat pada Gambar 10 – Gambar 14. Untuk menentukan konversi *biodiesel* puncak yang diperhitungkan adalah puncak pada pergeseran kimia 2,3 ppm yang merupakan puncak dari gugus $\alpha\text{-CH}_2$ (C), pergeseran kimia 3,7 ppm yang merupakan puncak proton metil ester (B), dan pergeseran kimia 5,3 -5,4 ppm timbul dari proton yang melekat pada karbon olefinik dalam trigliserida lemak (A). Nol ppm merupakan puncak tetra metilsilan (TMS) yang merupakan senyawa standar.

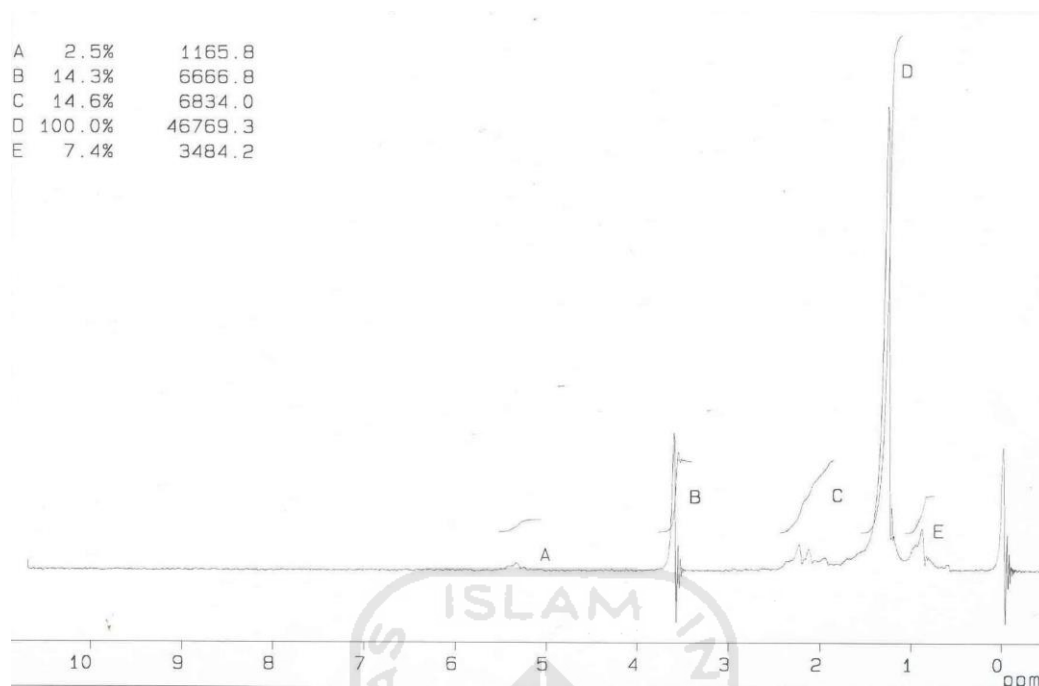
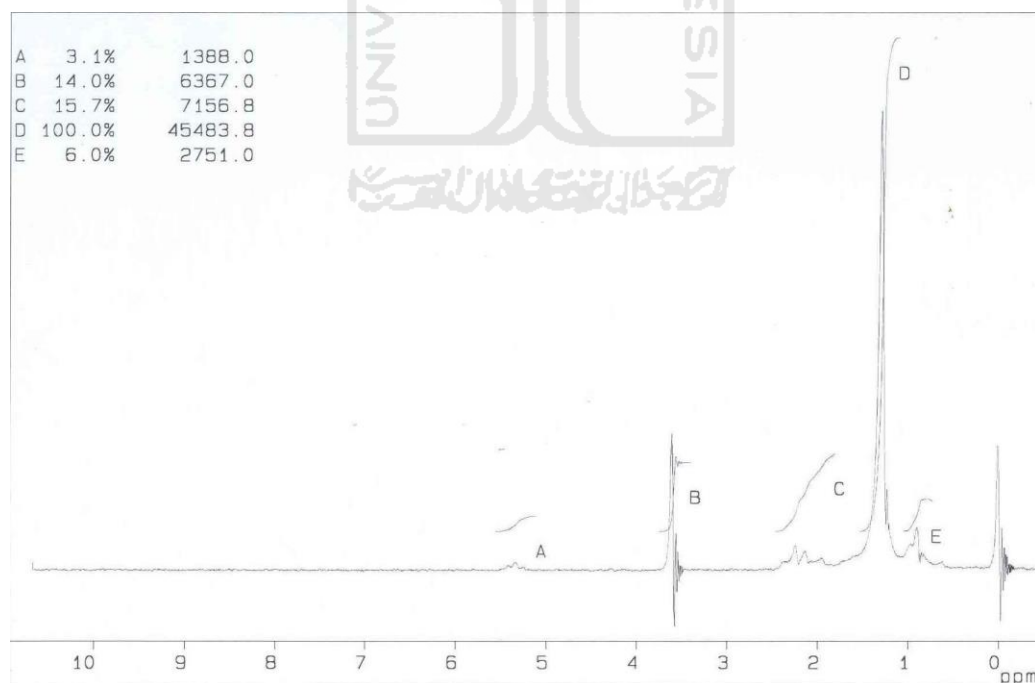


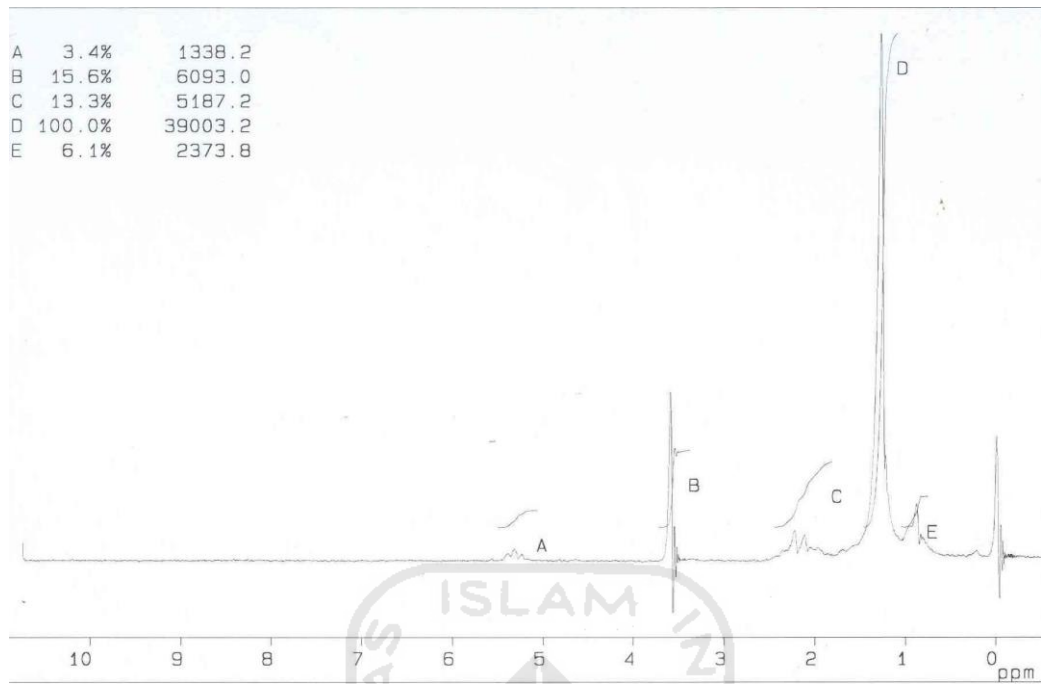
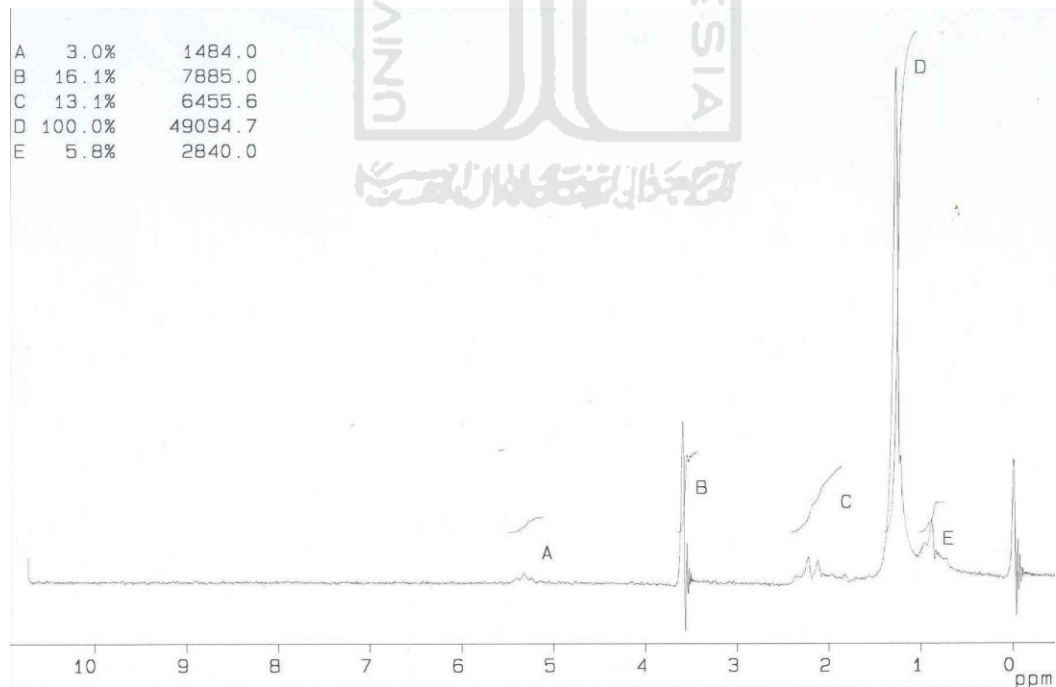
Gambar 9. Spektra $^1\text{H-NMR}$ lemak

Hasil analisis $^1\text{H-NMR}$ terhadap lemak hewan sapi disajikan pada Gambar 9, dari gambar tersebut terlihat adanya pergeseran kimia 4,1- 4,3 ppm yang disebabkan oleh proton yang berdempetan dengan bagian gliserol mono-, di-, atau triasilgliserol. Adanya pergeseran kimia 5,3 -5,4 ppm timbul dari proton yang melekat pada karbon *olefinic* dari trigliserida lemak. Adanya pergeseran kimia 2,3 ppm hasil dari proton pada grup CH_2 yang berdekatan dengan metil atau bagian gliserol ester ($-\text{CH}_2\text{CO}_2\text{CH}_3$ untuk metil ester). Adanya pergeseran kimia 0,8-1,3 ppm diindikasikan sebagai puncak yang timbul dari metilen dan proton metil. Setelah mengalami reaksi transesterifikasi maka adanya pergeseran kimia pada 3,6-3,7 ppm yang diindikasikan sebagai wilayah metil ester ($-\text{CO}_2\text{CH}_3$) seperti terlihat pada Gambar 10 - Gambar 14.

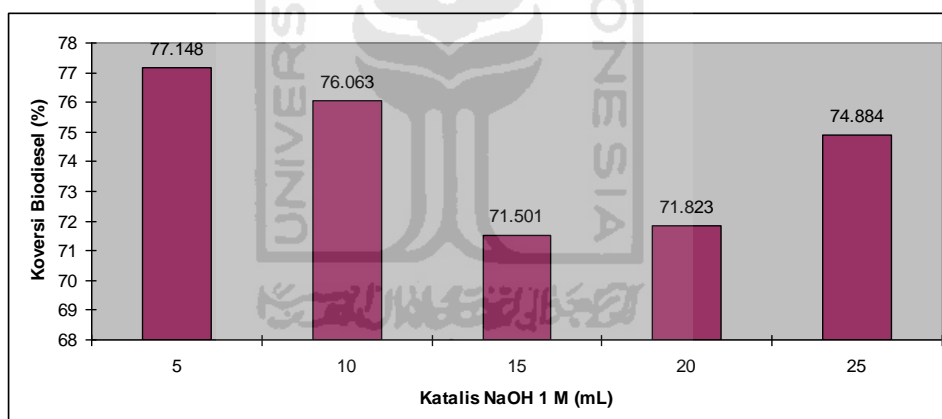


Gambar 10 Spektra $^1\text{H-NMR}$ Biodiesel T-5

Gambar 11. Spektra $^1\text{H-NMR}$ Biodiesel T-10Gambar 12 Spektra $^1\text{H-NMR}$ Biodiesel T-15

Gambar 13 Spektra $^1\text{H-NMR}$ Biodiesel T-20Gambar 14. Spektra $^1\text{H-NMR}$ Biodiesel T-25

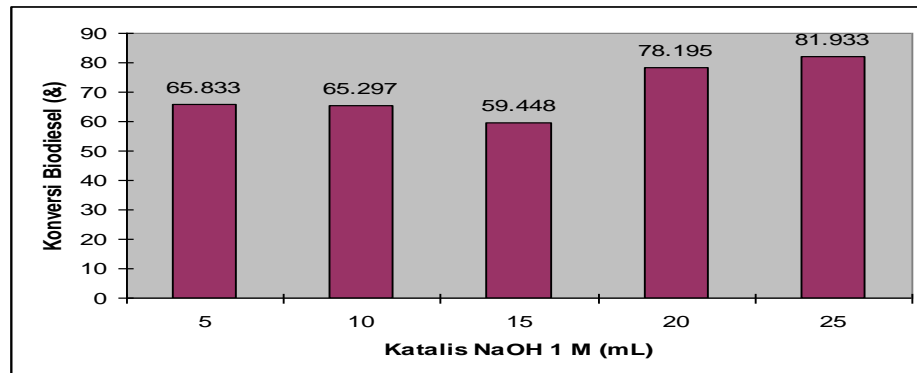
Puncak–puncak tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan persentase konversi metil ester (*biodiesel*) dengan menggunakan persamaan 1 (teoritik 1) dan persamaan 2 (teoritik 2). Hasil perhitungan persamaan 1 (teoritik 1) puncak yang digunakan untuk menentukan konversi metil ester (*biodiesel*) adalah puncak pada pergeseran kimia 3,7 ppm yang merupakan spektra proton metil ester (B) dan pergeseran kimia 5,2 ppm merupakan tipe proton yang terdapat dalam gliserida (A). Hasil perhitungan persamaan 1 (teoritik 1) diperoleh konversi metil ester (*biodiesel*) 71,50– 77,15%, dan diperoleh konversi metil ester (*biodiesel*) tertinggi pada penggunaan katalis NaOH 1 M 5 mL yaitu sebesar 77,15% yang disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Hubungan persentase konversi *biodiesel* terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara perhitungan teoritik 1 reaksi proses I

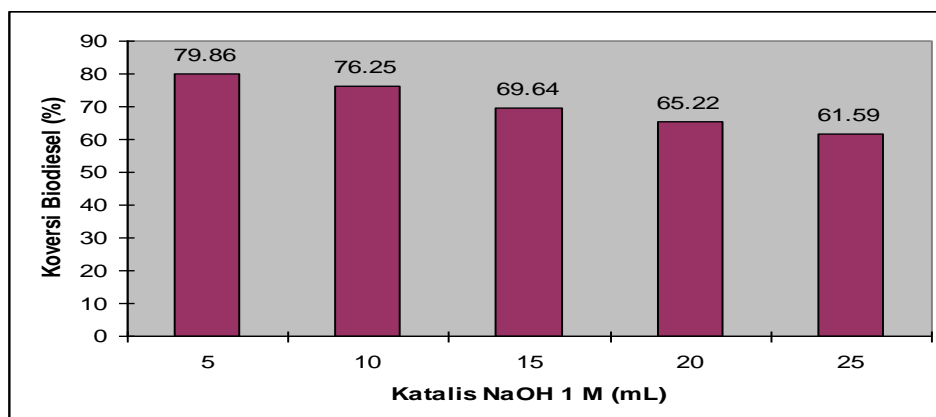
Jika menggunakan persamaan 2 (teoritik 2) diperoleh konversi metil ester (*biodiesel*) 65,83% - 81,93% puncak yang digunakan untuk menentukan konversi metil ester (*biodiesel*) adalah puncak pada pergeseran kimia 3,7 ppm yang merupakan spektra proton metil ester (B) dan pergeseran kimia 2,3 ppm hasil dari proton pada grup CH₂ yang berdekatan dengan metil atau bagian gliserol ester (C),

Data yang ada bahwa konversi metil ester (*biodiesel*) tertinggi pada penggunaan katalis NaOH 1 M 25 mL yaitu sebesar 81,93 % yang disajikan pada Gambar 16



Gambar 16. Hubungan persentase konversi *biodiesel* terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara perhitungan teoritik 2 reaksi proses I

Jika menggunakan perhitungan dari hasil eksperimen (berat *biodiesel* dibagi berat lemak) diperoleh konversi metil ester (*biodiesel*) 61,59 % - 79,86 % dari data yang ada bahwa konversi metil ester (*biodiesel*) tertinggi pada penggunaan katalis NaOH 1 M 5 mL yaitu sebesar 79,86 % yang disajikan pada Gambar 17, dari tabel terlihat bahwa hasil yang didapat tidak sejalan dengan hasil perhitungan teoritik, kemungkinan disebabkan oleh hilangnya metil ester (*biodiesel*) pada proses pemurnian.



Gambar 17 Hubungan persentase konversi biodiesel terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara eksperimen reaksi proses 1

Semakin bertambah volume katalis maka konversi metil ester (*biodiesel*) cenderung bertambah secara perhitungan teoritik 2 menggunakan persamaan 2 yang terlihat pada Gambar 16, hal ini di mungkinkan karena adanya jumlah asam lemak bebas yang tinggi, sehingga katalis basa yang digunakan juga semakin banyak untuk mengubah trigliserida menjadi metil ester (*Biodiesel*) sesuai dengan Yoeswono, 2006 yang menyatakan bahwa apabila angka asam tinggi, maka diperlukan basa yang lebih banyak untuk menetralkan asam lemak bebas, tetapi pada batas tertentu akan terjadi penurunan konversi *biodiesel*, dengan adanya penurunan tersebut di indikasikan jumlah katalis yang digunakan telah berlebih.

Pada Gambar 15 di atas sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan teoritik 1 menggunakan persamaan 1, volume katalis yang tinggi di dapat hasil metil ester (*biodiesel*) yang rendah dan secara eksperimen pada Gambar 17 di dapat hasil konversi yang rendah pula, dengan bertambahnya katalis, maka akan meningkatkan proses penyabunan pada reaksi transesterifikasi dan pembentukan gel yang dapat mengganggu dalam proses pemisahan, sehingga metil ester yang di dapat akan sedikit

Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk mengubah ester dari lemak hewan yang berupa trigliserida kompleks menjadi campuran ester yang lebih sederhana dan gliserol. Air yang terkandung dalam minyak maupun metanol yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi. Molekul air dalam reaksi transesterifikasi akan bereaksi dengan NaOH menghasilkan gliserol dan sabun natrium yang terdispersi dalam air, sehingga jumlah asam lemak banyak yang hilang, karena terbentuk sabun natrium, yang

menyebabkan ester yang dihasilkan berkurang. Pada hasil reaksi transesterifikasi terjadi 2 lapisan yaitu pada lapisan bawah terbentuknya gliserol dan air dan pada lapisan atas adalah metil ester yang masih mengandung sedikit metanol, yang dapat di lihat pada Gambar 18 dan Gambar 19, untuk menghilangkan metanol yang masih terdapat dalam metil ester pada lapisan atas dilakukan evaporasi dengan suhu $64,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ sesuai dengan titik didih metanol.



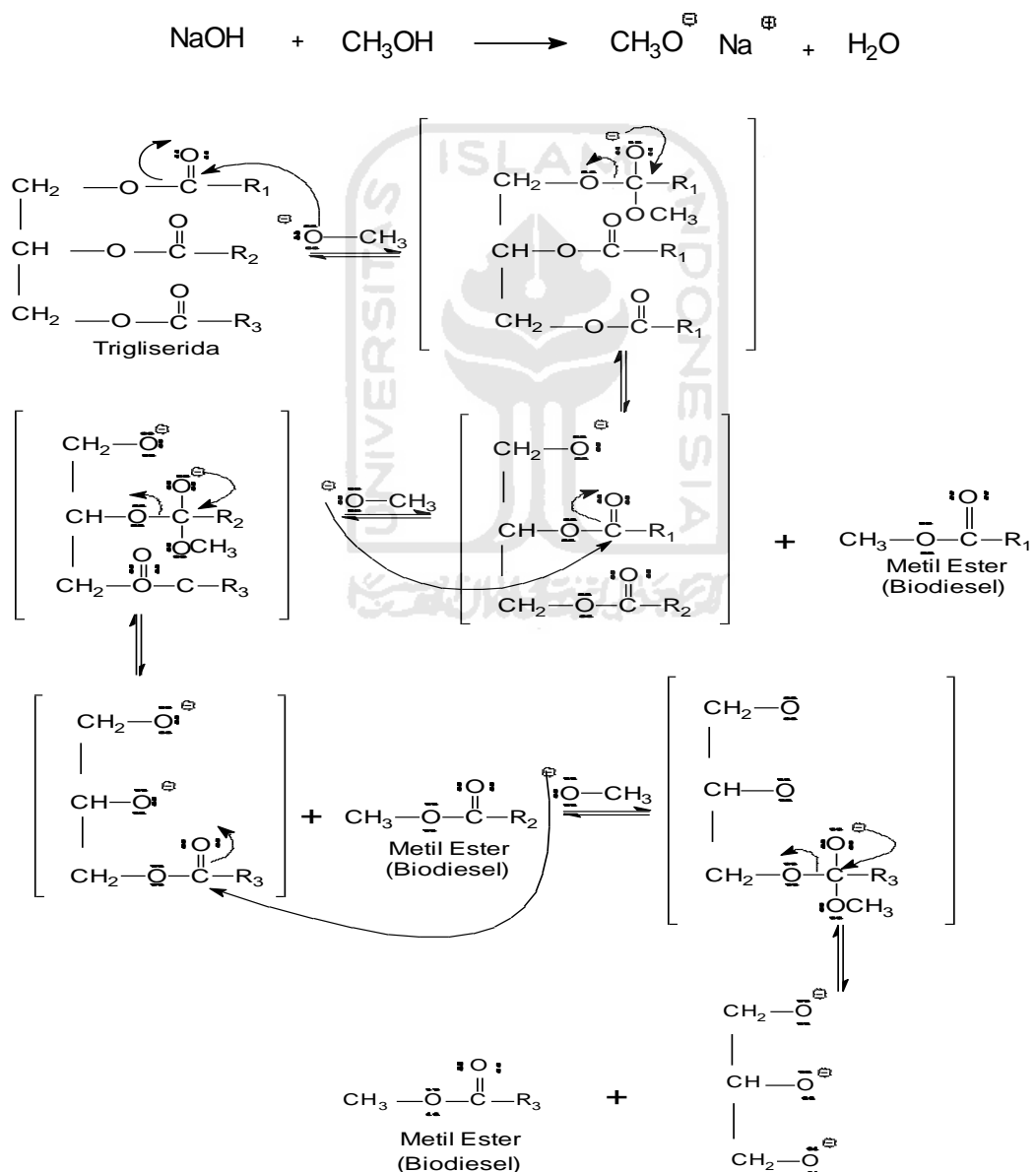
Gambar 18. Hasil transesterifikasi yang membentuk 2 lapisan



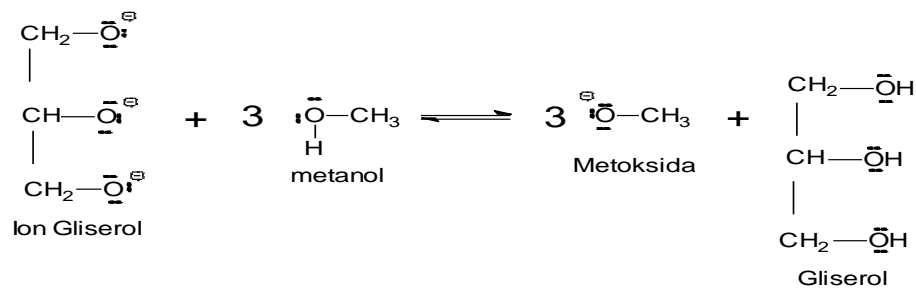
Gambar 19. Hasil transesterifikasi yang telah dipisahkan

Mekanisme reaksi transesterifikasi terkatalisis basa dimulai dengan serangan ion metoksida pada atom karbon karbonil trigliserida menghasilkan

intermediet tetrahedral kemudian mengalami eliminasi yang di ikuti terbentuknya metil ester (*biodiesel*) dan ion gliserida yang terlihat pada mekanisme reaksi transesterifikasi disajikan pada Gambar 20. Katalis NaOH akan bereaksi dengan metanol terlebih dahulu membentuk ion metoksida yang selanjutnya menjadi pereaksi nukleofil. Reaksi pembentukan ester dalam kondisi basa dengan ion metoksida disebut reaksi nukleofilik.



Gambar 20. Mekanisme reaksi transesterifikasi minyak dengan katalis basa (NaOH)



Gambar 21. Reaksi ion gliserida dengan metanol berlebih

Pada ion gliserida bereaksi dengan metanol menghasilkan gliserol dan ion metoksida kembali, karena adanya metanol yang berlebih, sehingga reaksi bergeser ke kanan. Dapat dilihat pada Gambar 21 di atas.

Pada proses pencucian metil ester (*biodiesel*) dengan menggunakan aquades seperti terlihat pada Gambar 22 terjadi emulsi yang merupakan sabun hasil reaksi dari trigliserida dengan NaOH. Emulsi tersebut terjadi berwarna putih dan sangat membutuhkan waktu yang lama untuk memisahkan kembali, oleh karena itu pada proses pembuatan biodiesel ini membutuhkan waktu yang lama pada saat pemurnian metil ester. Untuk dapat menghasilkan biodiesel yang murni pada proses pencucian produk transesterifikasi di cuci dengan aquades hingga lapisan bawah berwarna bening seperti pada Gambar 23. Proses pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan gliserol dan sisa-sisa metanol yang masih terkandung di dalam metil ester.



Gambar 22. Pencucian metil ester dengan aquades terjadi emulsi



Gambar 23. Pencucian aquades sampai lapisan bawah bening

Hasil pencucian terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan atas berupa metil ester (*biodiesel*) dan lapisan bawah adalah aquades dan gliserol. Lapisan metil ester (*biodiesel*) berada di atas karena berat jenis air lebih besar dari pada metil ester (*biodiesel*). Setelah metil ester (*biodiesel*) dan aquades di pisahkan, kemudian di beri Na_2SO_4 anhidrat yang berfungsi untuk mengikat sisa-sisa air yang terkandung dalam metil ester (*biodiesel*), setelah itu hasil disaring dengan kertas saring Whatman 42. Hasil pemisahan dihidrasi diperlihatkan pada Gambar 25 di bawah ini :



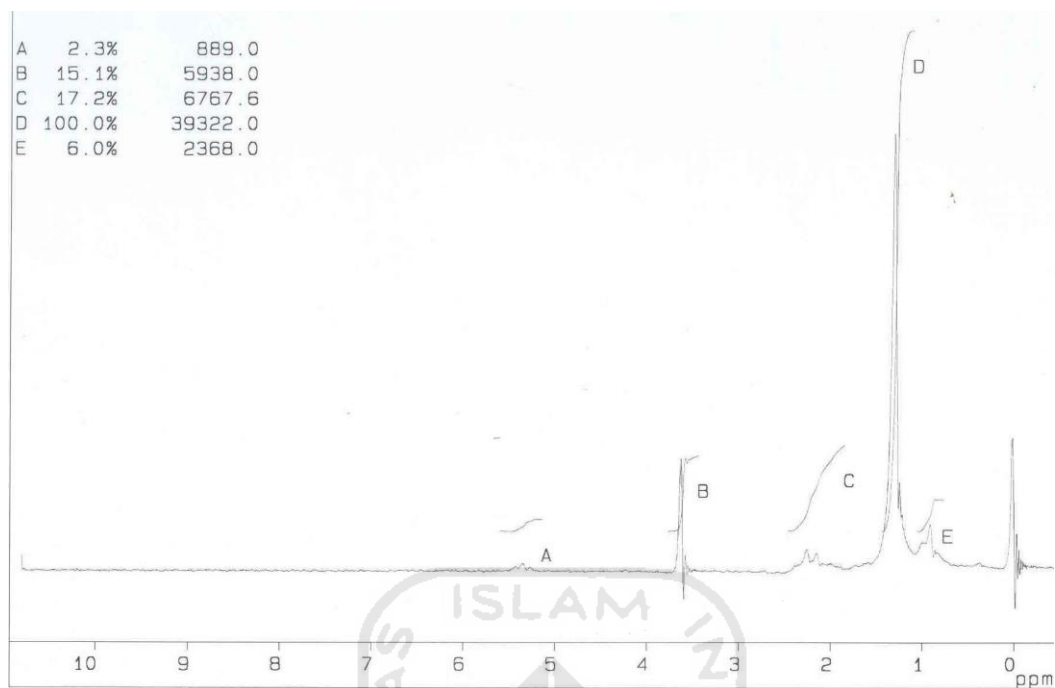
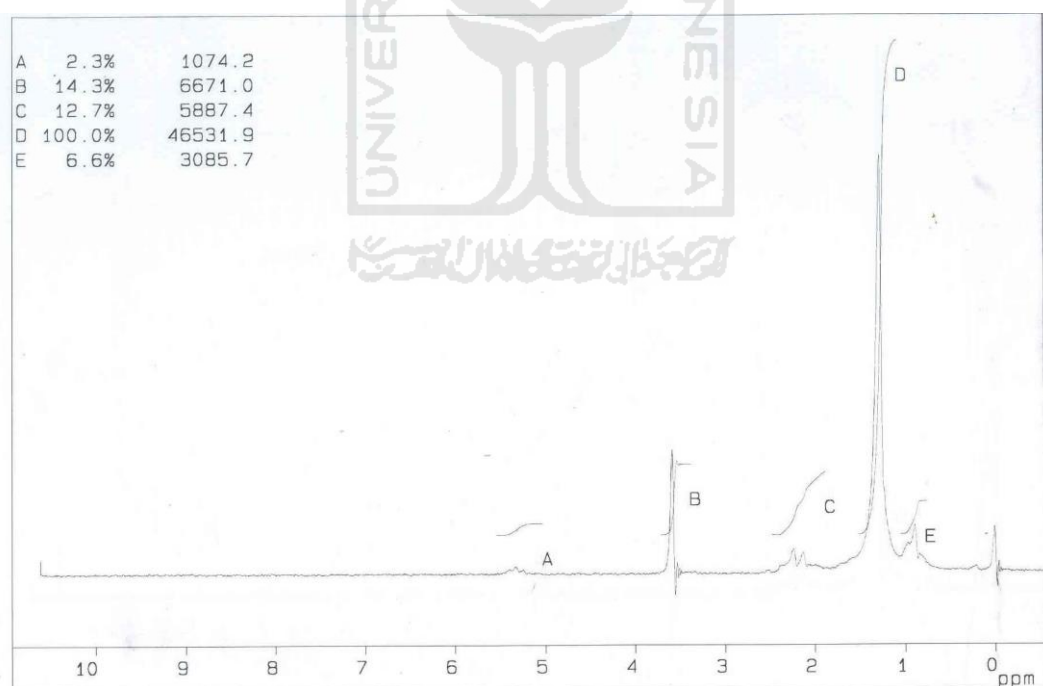
Gambar 24. Metil Ester setelah penambahan Na_2SO_4 Anhidrat

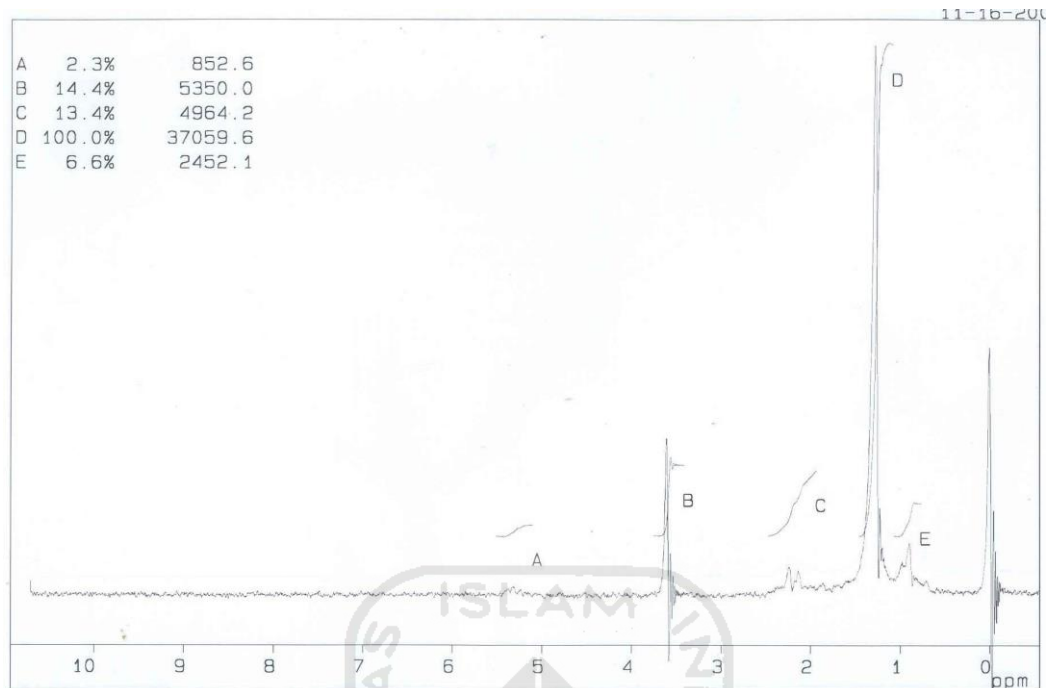


Gambar 25. Metil Ester (biodiesel) dengan 5 variasi volume katalis NaOH 1 M proses I

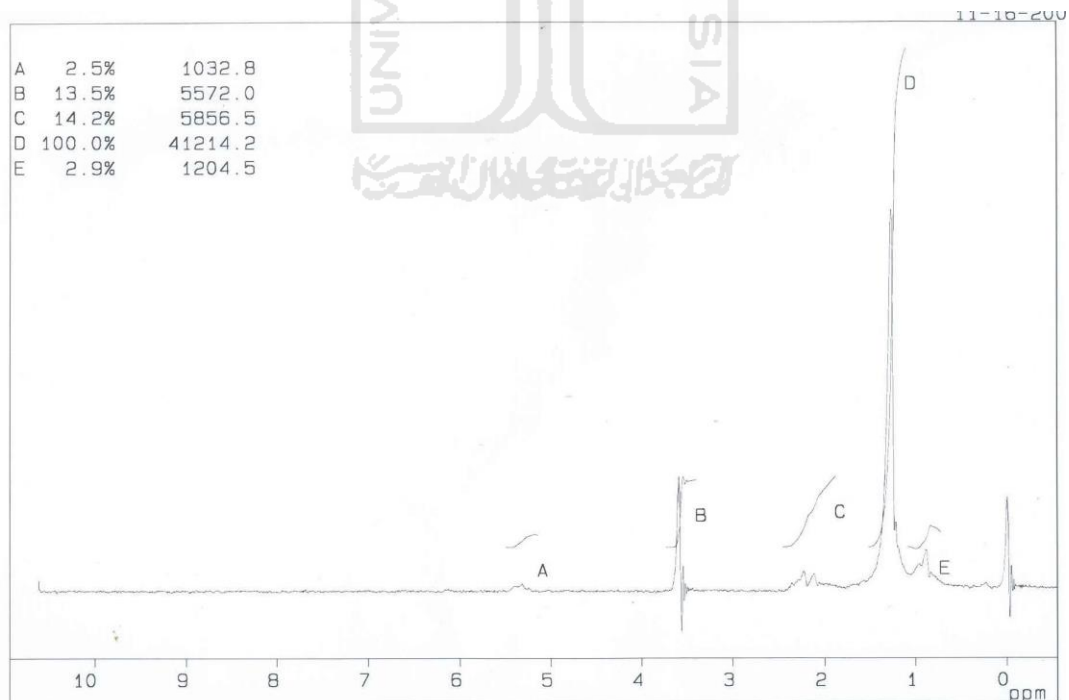
5.2 Penentuan Persentase Konversi *Biodiesel* Minyak Hewan melalui Reaksi Proses II (Reaksi Esterifikasi dan Reaksi Transesterifikasi)

Hasil analisis $^1\text{H-NMR}$ terhadap biodiesel disajikan pada Gambar 26 – Gambar 30. Untuk menentukan konversi *biodiesel* puncak yang diperhitungkan adalah puncak pada pergeseran kimia 5,2 ppm yang merupakan tipe proton dari gugus gliserida (A), pergeseran kimia 2,3 ppm yang merupakan spektra dari gugus $\alpha\text{-CH}_2$ (C) dan pergeseran kimia 3,7 ppm yang merupakan spektra proton metil ester (B). Pada 0 ppm merupakan puncak tetra metilsilan (TMS) yang merupakan senyawa standar.

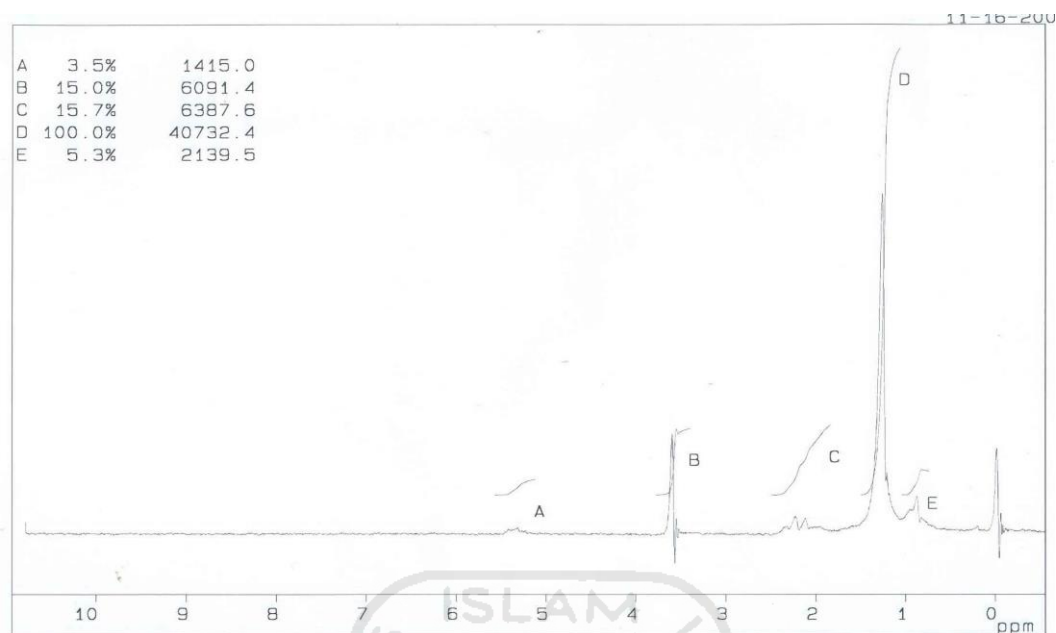
Gambar 26 Spektra $^1\text{H-NMR}$ Biodiesel ET-5Gambar 27. Spektra $^1\text{H-NMR}$ Biodiesel ET-10



Gambar 28. Spektra $^1\text{H-NMR}$ Biodiesel ET-15

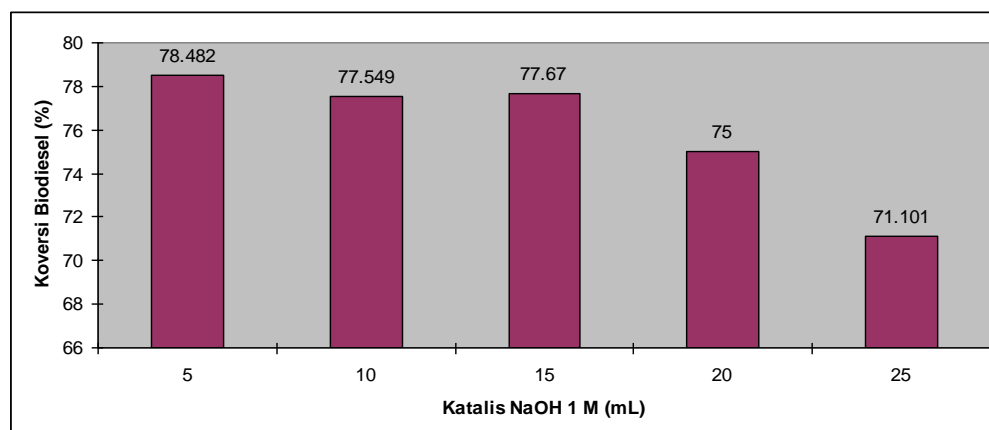


Gambar 29. Spektra $^1\text{H-NMR}$ Biodiesel ET-20



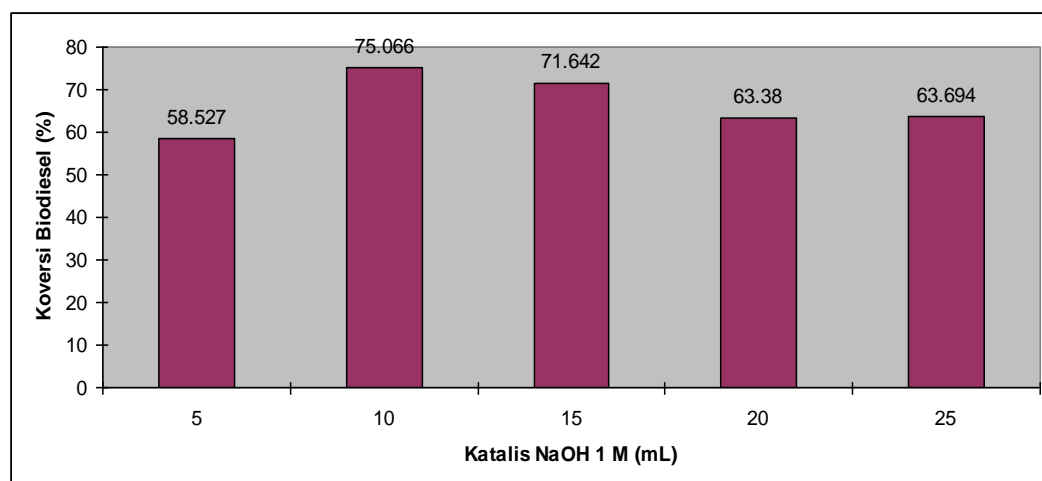
Gambar 30. Spektra $^1\text{H-NMR}$ Biodiesel ET-25

Puncak–puncak tersebut digunakan sebagai acuan dalam penentuan persentase konversi metil ester (*biodiesel*) dengan menggunakan persamaan 1 dan persamaan 2, dari persamaan 1 (teoritik 1) tersebut diperoleh konversi metil ester 71,10 % - 78,48 % puncak yang digunakan untuk menentukan konversi metil ester (*biodiesel*) adalah puncak pada pergeseran kimia 3,7 ppm yang merupakan spektra proton metil ester (B) dan pergeseran kimia 5,2 ppm merupakan tipe proton yang terdapat dalam gliserida (A). Dari data yang ada bahwa konversi metil ester (*biodiesel*) tertinggi pada penggunaan katalis NaOH 1 M 5 mL yaitu sebesar 78,48 % seperti yang tercantum pada Gambar 32.



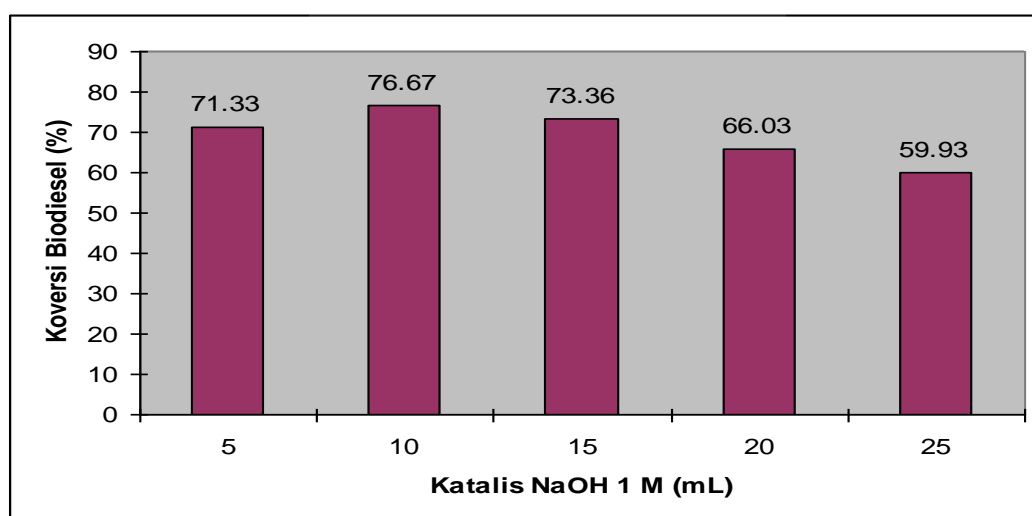
Gambar 31. Hubungan persentase konversi metil ester (*biodiesel*) terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara perhitungan teoritik 1 reaksi proses II

Jika menggunakan persamaan 2 (teoritik 2) diperoleh konversi metil ester (*biodiesel*) 78,48 % - 77,10 % puncak yang diperhitungkan untuk menentukan konversi metil ester (*biodiesel*) adalah puncak pada pergeseran kimia 3,7 ppm yang merupakan spektra proton metil ester (B) dan pergeseran kimia 2,3 ppm yang merupakan spektra dari gugus α -CH₂ (C),. Data yang ada bahwa konversi metil ester (*biodiesel*) tertinggi pada penggunaan katalis NaOH 1 M 10 mL yaitu sebesar 78,48 % seperti yang tercantum pada Gambar 32. semakin banyaknya katalis basa yang digunakan akan dapat menaikkan konversi metil ester, tetapi dengan banyaknya katalis yang digunakan, maka akan dapat merusak kandungan asam lemak, sehingga terjadi penurunan konversi metil ester.



Gambar 32 Hubungan persentase konversi metil ester (*biodiesel*) terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara perhitungan teoritik 2 reaksi proses II

Jika menggunakan perhitungan dari hasil eksperimen (berat *biodiesel* dibagi bahan baku lemak) diperoleh konversi metil ester (*biodiesel*) 76,67 % - 59,93 % dari data yang ada bahwa konversi metil ester (*biodiesel*) tertinggi pada penggunaan katalis NaOH 1 M 10 mL yaitu sebesar 76,67 % seperti yang tercantum pada Gambar 33.

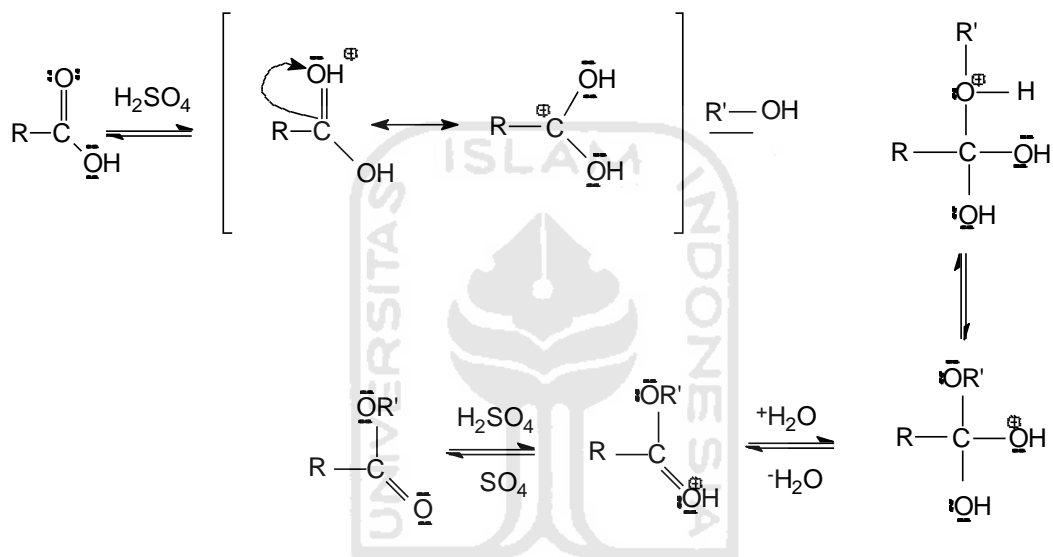


Gambar 33 Hubungan persentase konversi *biodiesel* terhadap variasi volume katalis NaOH 1 M secara perhitungan eksperimen reaksi proses II

Berdasarkan gambar yang disajikan diatas bahwa dengan bertambahnya konsentrasi katalis maka konversi biodiesel cenderung meningkat, tetapi pada batas tertentu akan terjadi penurunan konversi biodiesel. Dengan adanya penurunan tersebut diindikasikan jumlah katalis yang digunakan telah berlebih. Dilihat dari perhitungan teoritik 2 dan perhitungan eksperimen, konversi biodiesel tertinggi di dapat pada penggunaan katalis NaOH 1 M 10 mL. Pada volume katalis NaOH 1 M yang rendah yaitu 5 mL di dapat konversi yang lebih rendah pula tetapi jika dilihat dari hasil perhitungan eskperimen pada katalis NaOH 1 M 5 mL di dapat hasil biodiesel yang lebih tinggi di banding dengan volume katalis NaOH 1 M 20 mL dan 25 mL, hal ini disebabkan semakin banyak volume katalis yang digunakan maka akan menyebabkan reaksi saponifikasi yang dapat mengurangi hasil metil ester (*biodiesel*).

Pada proses ini dilakukan reaksi esterifikasi terlebih dahulu, agar kandungan asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*) yang terdapat dalam minyak hewan berkurang, dengan semakin kecilnya kadar asam lemak, maka sabun yang terbentuk semakin sedikit dan hasil metil ester (*biodiesel*) yang diperoleh semakin besar. Reaksi esterifikasi ini bertujuan untuk mengubah asam karboksilat dengan bantuan katalis asam yang dapat membentuk ester, dan hasil samping dari reaksi ini terbentuknya air. Dari hasil samping berupa air tersebut dapat di atasi dengan menggunakan metanol berlebih, yang mana air yang terbentuk akan larut dalam metanol dan tidak menghambat proses reaksi, selain itu dapat menghambat laju hidrolisis dalam suasana basa terhadap ester, karena metanol dalam bentuk ion metoksida bereaksi cepat dengan trigliserida menghasilkan metil ester (*biodiesel*).

Katalis asam sulfat yang digunakan dalam reaksi esterifikasi ini berfungsi untuk mengkonversi asam lemak bebas menjadi metil ester (*biodiesel*), karena dengan katalis asam proses reaksi esterifikasi dapat berlangsung cepat. Pada reaksi esterifikasi ini tidak menghasilkan sabun, karena tidak melibatkan logam alkali. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi nukleofilik yang diawali dengan pembentukan karbokation, mekanisme reaksinya adalah sebagai berikut :



Gambar 34. Mekanisme reaksi esterifikasi dengan katalis asam

Gugus R merupakan rantai karbon penyusun asam lemak bebas, karbokation diserang oleh elektron bebas atom O pada metanol. Metanol dapat mudah menyerang karbokation, karena metanol merupakan ikatan karbon rantai pendek.

Dengan semakin kecilnya asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak hewan, maka sabun yang terbentuk semakin sedikit dan hasil metil ester (*biodiesel*) yang dihasilkan semakin banyak. Pada tahap reaksi esterifikasi, asam lemak bebas yang mengganggu saat reaksi transesterifikasi di konversi menjadi

metil ester terlebih dahulu. Sehingga reaksi penyabunan dapat ditekan seminimal mungkin.

Setelah reaksi esterifikasi selesai selama 2 jam, reaksi dilanjutkan dengan transesterifikasi tanpa adanya pencucian, hal ini mengingat karena lemak hewan yang mudah berbentuk padat pada suhu kamar. Pada tahap reaksi transesterifikasi mekanisme reaksi yang terjadi sama pada Gambar 20 dan Gambar 21, yang kemudian hasil dari reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dipisahkan menggunakan corong pisah sesuai pada Gambar 18 dan Gambar 19, setelah di pisahkan kemudian di evaporasi pada suhu $64,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ sesuai dengan titik didih metanol. Ketika proses pencucian dengan aquades lebih mudah sama yang dapat dilihat pada Gambar 23, karena tidak banyak terjadi emulsi dan tidak membutuhkan waktu yang lama dalam proses pemurnian. Pada lapisan atas pencucian berupa metil ester dan pada lapisan bawah air dan gliserol yang larut dalam air. Pada metil ester hasil pemisahan dari air dilakukan penambahan Na_2SO_4 anhidrat yang berfungsi untuk mengikat air yang masih terdapat dalam metil ester dan terdapat padatan putih bening yang dapat di lihat pada Gambar 24 yang kemudian dilakukan penyaringan dengan kertas saring Whatman 42 dan di dapat metil ester (*biodisel*) yang murni seperti pada Gambar 35 di bawah ini:



Gambar 35 Hasil metil ester (*biodiesel*) dengan 5 variasi volume katalis NaOH 1 M proses II

5.3 Perbandingan Karakteristik *Biodiesel* melalui Proses I (Reaksi Transesterifikasi) dengan *Biodiesel* melalui Proses II (Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi)

Telah dilakukan pengujian fisik *biodiesel* berdasarkan perhitungan hasil *biodiesel* eksperimen yang menggunakan katalis yang paling optimum untuk mengkonversi *biodiesel* minyak hewan, dapat terlihat pada tabel berikut :

Tabel 5. Perbandingan karakteristik *biodiesel* melalui reaksi transesterifikasi dengan *biodiesel* melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi

| Parameter | Hasil uji | | Batasan Biodiesel* | Batasan minyak Diesel Industri** | Batasan minyak Diesel otomotif** |
|------------------------------------|-----------|--------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | ET-10 | T-5 | | | |
| Viskositas Kinematik at 40 °C, cST | 4.507 | 4.669 | 2.3 - 6.0 | 1.6-7.2 | 1.6-5.8 |
| Density at 15 C, gr/mL | 0.8736 | 0.8714 | 0.850- 0.890 | 0.840-0.920 | 0.820-0.870 |
| Flash Point P.M. C.C. °C | 182 | 190 | min 100 | Min 65.6 | Min 65.6 |
| Pour Point, °C | 18 | 20 | maks 18 | Min 18.3 | Maks 18.3 |
| Cloud Point, °C | 23 | 22 | | | |
| Conradson Carbon Residue, % wt. | 0.008 | 0.0067 | maks 0.03 | Min 1.0 | Maks 0.1 |

* = SNI-04-7182-2006 diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) tanggal 22 Februari 2006 (Dalam Makalah Semiar Dr.Ir.Tatang H. Soerawidjaja)

**= Hardjono,2001

Dari tabel 5 diatas dapat dilihat secara keseluruhan *Biodiesel* melalui reaksi transesterifikasi dan *biodiesel* melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi telah

memenuhi standar persyaratan kualitas *biodiesel*, sehingga kedua cara tersebut (dengan penggunaan katalis yang paling optimum) dapat digunakan untuk pembuatan *Biodiesel*.

Dilihat dari hasil uji viskositas pada tabel 5 di atas pada reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dengan katalis optimum 10 mL (ET-10) viskositasnya lebih rendah di banding dengan viskositas pada reaksi transesterifikasi dengan katalis optimum 5 mL (T-5), hal ini mengindikasikan bahwa *biodiesel* hasil proses ET-10 merupakan *biodiesel* yang lebih baik mutunya, karena pada ET-10 kandungan lemak bebas berkurang setelah reaksi esterifikasi.

Hasil uji densitas pada ET-10 dan T-5 juga telah memenuhi standar kualitas karena masuk dalam standar kualitas *biodiesel*. Hasil uji titik nyala (*flash point*) dari ET-10 dan T-5 telah memenuhi standar kualitas *biodiesel*, karena hasil uji, di atas nilai minimum 100 °C. hal ini dapat dikatakan bahwa tidak terdapat sisa metanol dalam produk metil ester (*biodiesel*). Karakter ini berpengaruh untuk keamanan penyimpanan bahan bakar pada kondisi temperatur tertentu. Semakin tinggi nilai titik nyala, maka bahan bakar semakin aman untuk di simpan pada temperatur yang rendah.

Hasil uji titik tuang (*pour point*) pada (tabel 5), terhadap produk ET-10 dan T-5 telah memenuhi standar kualitas *biodiesel*, karena masih dalam batasan *biodiesel*. Pada uji titik tuang (*pour point*) berhubungan dengan viskositas, yaitu dengan semakin rendah viskositas *biodiesel*, maka semakin mudah *biodiesel* untuk mengalir pada kondisi tertentu.

Pada uji titik kabut (*cloud point*) tidak ada batasan nilai yang disyaratkan dalam karakteristik biodiesel, tetapi dengan melihat sifat dari titik tuang (*pour point*) dapat disimpulkan, dengan semakin rendah titik tuang (*pour point*) ester, maka semakin mudah ester tersebut untuk mengalir sehingga proses pembakaran semakin cepat. Makin cepat bahan bakar mengalir, makin cepat pula bahan bakar akan berubah menjadi kabut dengan temperatur yang lebih tinggi, maka titik kabut (*cloud point*) mempunyai temperatur yang lebih tinggi di banding dengan titik tuang (*pour point*)

Hasil uji sisa karbon *Conradson* dari ET-10 dan T-5 cukup baik, karena masih di bawah batas maksimum standart kualitas *biodiesel*. Pada karakter ini berhubungan dengan kebersihan *biodiesel* yang cenderung untuk meninggalkan deposit karbon pada mesin setelah pembakaran. Semakin kecil sisa karbon, maka proses pembakaran *biodiesel* lebih sempurna, karena tanpa meninggalkan residu karbon yang mengganggu operasi mesin diesel.

5.4 Perbandingan Hasil Biodiesel dan Konversi Biodiesel pada Biodiesel Proses I (Reaksi Transesterifikasi) dengan Biodiesel Proses II (Reaksi Esterifikasi dan Reaksi Transesterifikasi).

Pembuatan *biodiesel* proses I dan proses II dapat terlihat bahwa hasil *biodiesel* dan konversi *bodiesel* berbeda. Pada proses pembuatan *biodiesel* proses I (reaksi transesterifikasi) secara perhitungan teoritik 1 di dapat konversi tertinggi sebesar 77,15 % dan 79,86 % secara eksperimen dengan penggunaan katalis optimum NaOH 1 M sebanyak 5 mL, tetapi secara perhitungan teoritik 2 dihasilkan konversi *biodiesel* sebesar 81,93 %, dari hasil perhitungan tersebut bahwa penggunaan katalis yang optimum yaitu pada NaOH 1 M 5 mL, karena

semakin kecil katalis yang digunakan maka hasil yang di hasilkan semakin baik, dan ekonomis penggunaanya untuk digunakan dalam skala industri.

Pada Proses pembuatan *biodiesel* proses II (reaksi esterifikasi dan transesterifikasi) secara perhitungan teoritik 2 konversi biodiesel sebesar 75,07 % dan 76,67 % dengan penggunaan katalis optimum NaOH 1 M sebanyak 10 mL, tetapi perhitungan teoritik 1 di dapat konversi tertinggi pada penggunaan katalis NaOH 1 M sebanyak 5 mL yaitu sebesar 78,48 %, dari hasil perhitungan tersebut bahwa penggunaan katalis yang optimum yaitu pada NaOH 1 M 10 mL, karena semakin kecil katalis yang digunakan maka hasil yang di hasilkan semakin baik, dan ekonomis penggunaanya untuk digunakan dalam skala industri.

Dilihat dari segi ekonomis pada penggunaan katalis NaOH 1 M 5 mL secara proses I (reaksi transesterifikasi) lebih baik dari pada proses II dengan penggunaan katalis NaOH 1 M 10 mL, tetapi jika dilihat dari kualitas fisikokimiawi metil ester (*Biodiesel*) pada proses II lebih baik daripada proses I.

Maka dari itu, untuk pembuatan biodiesel dari lemak hewan lebih baik menggunakan dua langkah reaksi yaitu reaksi esterifikasi yang kemudian dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mastutik, 2006 yang menyatakan bahwa minyak atau lemak yang memiliki kandungan asam lemak bebas tinggi seperti minyak jelantah (2- 7 %) dan lemak Hewan (5 – 30 %) perlu dilakukan dua langkah dengan katalis asam dan basa untuk mengatasi asam lemak bebas yang tinggi dalam memproduksi *biodiesel*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pembuatan *biodiesel* melalui proses I (reaksi transesterifikasi) secara perhitungan teoritik 1 menghasilkan konversi *biodiesel* sebesar 77,15 % dengan volume optimum katalis NaOH 1 M sebanyak 5 mL, perhitungan teoritik 2 konversi *biodiesel* sebesar 81.93 % dengan volume katalis NaOH 1 M optimum sebanyak 25 mL dan 79.86 % secara eksperimen dengan volume optimum katalis NaOH 1 M sebanyak 5 mL.
2. Pembuatan *biodiesel* melalui proses II (reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi) secara perhitungan teoritik 1 konversi *biodiesel* sebesar 78,48 % dengan volume katalis NaOH 1 M optimum sebanyak 5 mL, perhitungan teoritik 2 menghasilkan konversi *biodiesel* sebesar 75.07 % dengan volume katalis NaOH 1 M optimum sebanyak 10 mL, dan 76.67 % secara eksperimen dengan volume katalis NaOH 1 M optimum sebanyak 10 mL.
3. Kualitas fisikokimiawi metil ester (*biodiesel*) hasil proses II (esterifikasi dan Transesterifikasi) lebih baik daripada metil ester (*biodiesel*) hasil proses I (transesterifikasi).

6.2 Saran

Agar dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi waktu, dan metanol yang digunakan untuk reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi pada proses pembuatan biodiesel dari lemak sapi.



DAFTAR PUSTAKA

- Allinger, N.L., 1976, *Organic Chemistry*, 2nd edition, Worth Publisher Inc., New York.
- Anderson, Jr., and Boudart, M., 1981, *Catalysis Science and Technology*, Vol 2, *Spinger-Verlag, Berlin Heidelberg*, New York.
- Arrowsmith, C.J.J and Rose, 1945, *Treating Fatty Material*, U.S. Patent.
- Deman, J.M. alih bahasa Kosasih Padmawinata, 1997, *Kimia Makanan*, edisi kedua, ITB, Bandung.
- Elisabeth, J., Haryati. T., 2001, *Bahan Bakar Alternatif yang Ramah Lingkungan, Peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS)*, Medan.
- Enchinar, J.M., Gonzales, J.F., Rodriguez, J.J. and Tejedor, A., 2002, Biodiesel Fuels from Vegetables Oils. Transesterification of *Cynara Cardulus L.* Oils with Ethanol, *Energy and Fuels*, 16.
- Fessenden, J.R and Fessenden, S.J., 1986, *Kimia Organik*, edisi ketiga, jilid pertama, Erlangga, Jakarta.
- Freedman, B., Pryde, E.H., and Mounts, T.L., 1984, Variables Affecting the Yield of Fatty Esters from Transesterified Vegetables Oils, *Journal of American Oil Chemist.* 61:1638-1643.
- Gelbard, G., O. Bres, R. M. Vargas, F. Vielfaure, and U. F. Schuchardt, (1995), ¹H Nuclear Magnetic resonance Determination of The Yield of The Transesterification of Rapeseed Oil with Methanol, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72:1239-1241.
- Hardjono, A., 2001, *Teknologi Minyak Bumi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- <http://www.sentrapolimer.com-Sentra Teknologi Polimer>.
- <http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/1005/11/0801.htm>.
- Indartono, Y.S., 2006, *Artikel iptek Mengenal Biodiesel : Karakteristik, Produksi, hingga Performansi Mesin (2)*, <http://www.beritaipstek.com>.

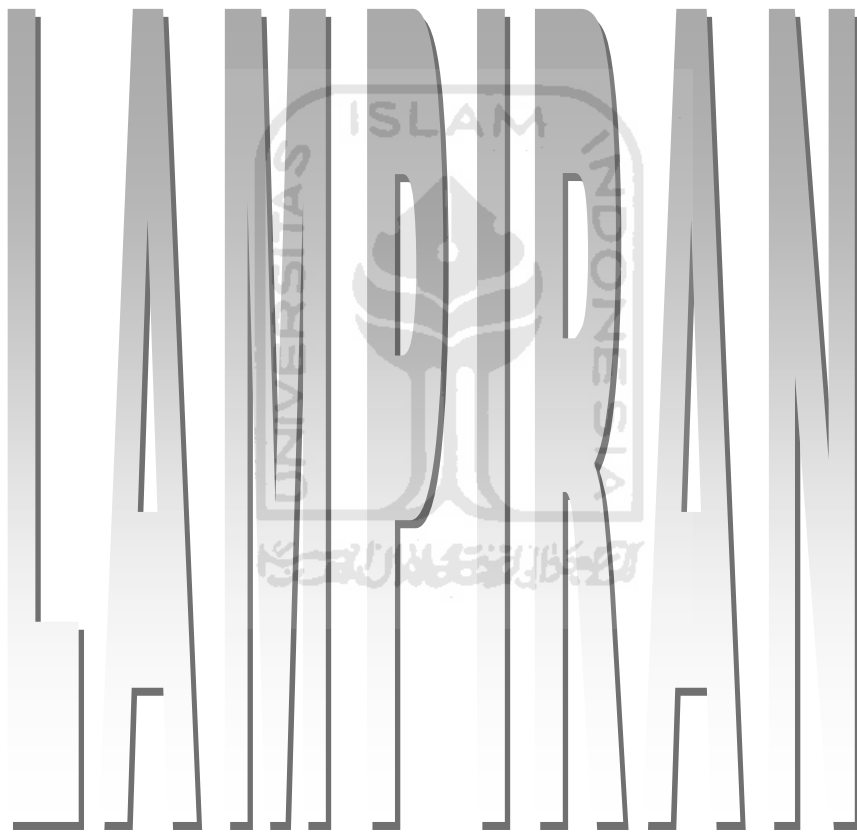
- Janosch, J., and S. Ebel, 1993, Bestimmung von Fettkennzahlen mit Hilfe der NIR-Spektrometric, *Pharmazie* 48:824-828.
- Julia, R.D, 2004, *Kajian Pengaruh Temperatur dan Persen Berat Katalis KOH terhadap Hasil Transesterifikasi Minyak Kelapa dalam Media Metanol pada Pembuatan Biodiesel*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Juwita, A., 2005, *Kajian Pengaruh Rasio Mol Etanol Minyak Kelapa Terhadap Kuantitas dan Kualitas Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Kelapa dengan Katalis NaOH*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Ketaren, S., 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, UI Press, Jakarta.
- Knothe, G., 2000, Monitoring a Progressing Transesterification Reaction By Fiber Optic Near Infrared Spectroscopy with Corelation to ¹H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, *J.A.O.C.S*, 77,5,489-493.
- Kuntari, T., 2002, *Metanolisis Minyak Jagung dengan Katalisator NaOH*, laporan Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, F Teknik UGM. Yogyakarta.
- Lele, S., 2007, *Vegetable Oils*, www.svlele.com.
- Mastutik, D., 2006, *Transesterifikasi Minyak Jelantah Kelapa Sawit menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis NaOH tanpa Proses Esterifikasi dan Katalis Asam (H₂SO₄ dan zeolit-Y) melalui Proses Esterifikasi*, Tesis, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Marckelely, K. S., 1960, *Fatty Acids*, 2nd edition, Interscience Publisher Inc, New york, 268-270.
- Mariady, 2004, *Produksi Biodiesel sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengaruh Temperatur dan konsentrasi katalis NaOH terhadap Transesterifikasi Minyak Kelapa dengan Metanol*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- May, C.Y., 2004, Transesterification of Palm Oil: Effect of Reaction Parameters *J.Oil Palm Res.*, 16,2,1-11.
- Mittelbach, M., dan C.Remschmidt, 2004, *Biodiesel : The Comprehensive Handbook* . Martin Mittelbach, Graz, Austria (dalam Prosiding Seminar Nasional Tatang H. Soerawidjaja).
- Nasiri, J., Biodiesel : *Upaya Mengurangi Ketergantungan Minyak Bumi*, <http://www.sentrapolimer.com>.

- Padmaningsih, A.T., 2006, *Kajian Pengaruh Konsentrasi Katalis Nb₂O₅-ZAA terhadap Konversi Biodiesel Total pada Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Roihan, A., 2005, *Pengaruh Penambahan Al₂O₃- Montmorillonit sebelum Reaksi Transesterifikasi Jelantah Minyak Sawit terhadap Konversi Biodiesel Total*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Saefudin, A., 2005, *Sintesis Biodiesel Melalui Reaksi Esterifikasi Minyak Jelantah dengan Montmorillonit Teraktivasi Asam Sulfat yang dilanjutkan dengan Transesterifikasi Terkatalisis NaOH*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Sato, T., 1997, Application of Near Infrared Spectroscopy for the Analysis of Fatty Acid Composition, *Lipid Technol.* 9:46-49.
- Sibarani, J., 2006, *Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Sawit sebagai Sumber Katalis Basa (K₂CO₃) pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dalam Media Metanol*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Soewidjaja, Tatang. H., 2006, *Prosiding Seminar Nasional*, UGM, Yogyakarta.
- Sulistyaningrum, D., 2004, *Kajian Pengaruh Rasio Mol Metanol Minyak Kelapa Terhadap Kuantitas dan Kualitas Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Kelapa dengan Katalis KOH*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Tedjojuwono, N. P., 1992, *Metanolisis Minyak Kelapa Sawit untuk Mendapatkan Gliserol*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Thenawijaya, M., 1982, *Dasar-dasar Biokimia*, Erlangga, Jakarta.
- Trent, W.R., 1945, Process of Treating Fatty Glycerides, *US Patent*, 2,383,632.
- Triasmoyo, S., 2006, *Pengaruh Konsentrasi Nb₂O₅(3%)- γ -Al₂O₃ terhadap Konversi Biodiesel Total pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Tyson, S.K., 2001, *Biodiesel Handling and Use Guideline*, national Renewable Energy Laboratory, Midwest.
- Van, Gerpen, J., Shanks, B., dan Prusako, R., 2004, *Biodiesel Production Technology*, National Renewable energy Laboratory, Colorado.
- Winarno, F.G., 1984, *Kimia Pangan dan Gizi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Yoeswono, 2006, *Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Sawit sebagai Sumber Katalis Basa untuk Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit*, Skripsi, FMIPA UGM, Yogyakarta.

Yulianti, N., 2002, *Pembuatan Biodiesel – Oil dari Minyak Kelapa*, Laporan Penelitian, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.





Lampiran 1

**PERHITUNGAN KONVERSI BIODIESEL
SECARA TEORITIK 1**

Berdasarkan persamaan 1 yaitu :

$$C_{ME} = 100 \times \frac{5 \times I_{ME}}{5 \times I_{ME} + 9 I_{TAG}}$$

dimana :

- C_{ME} = konversi metil ester, %
 I_{ME} = nilai integrasi puncak metil ester, %
 I_{TAG} = nilai integrasi puncak triasilgliserol, %

1. Reaksi Transesterifikasi

| Kode | I_{ME} (%) | I_{TAG} (%) |
|------|-----------------|------------------|
| T-5 | 15.8 | 2.6 |
| T-10 | 14.3 | 2.5 |
| T-15 | 14.0 | 3.1 |
| T-20 | 15.6 | 3.4 |
| T-25 | 16.1 | 3.0 |

a. T-5

$$C_{ME} = 100 \times \frac{5 \times 15.8}{5 \times 15.9 + 9 \times 2.6}$$

$$C_{ME} = 77.148 \%$$

b. T-10

$$C_{ME} = 100 \times \frac{5 \times 14.3}{5 \times 14.3 + 9 \times 2.5}$$

$$C_{ME} = 76.063 \%$$

c. T-15

$$C_{ME} = 100 \times \frac{5 \times 14.0}{5 \times 14.0 + 9 \times 3.1}$$

$$C_{ME} = 71.501 \%$$

d. T-20

$$C_{ME} = 100 \times \frac{5 \times 15.6}{5 \times 15.6 + 9 \times 3.4}$$

$$C_{ME} = \mathbf{71.823 \%}$$

e. T-25

$$C_{ME} = 100 \times \frac{5 \times 16.1}{5 \times 16.1 + 9 \times 3.0}$$

$$C_{ME} = \mathbf{74.884 \%}$$

1. Reaksi Eserifikasi dan Reaksi transesterifikasi

| Kode | I _{ME} (%) | I _{TAG} (%) |
|-------|------------------------|-------------------------|
| ET-5 | 15.1 | 2.3 |
| ET-10 | 14.3 | 2.3 |
| ET-15 | 14.4 | 2.3 |
| ET-20 | 13.5 | 2.5 |
| ET-25 | 15.0 | 3.5 |

▪ ET-5

$$C_{ME} = 100 \times \frac{5 \times 15.1}{5 \times 15.1 + 9 \times 2.3}$$

$$C_{ME} = \mathbf{78.482 \%}$$

▪ ET-10

$$C_{ME} = 100 \times \frac{5 \times 14.3}{5 \times 14.3 + 9 \times 2.3}$$

$$C_{ME} = \mathbf{77.549 \%}$$

▪ ET-15

$$C_{ME} = 100 \times \frac{5 \times 14.4}{5 \times 14.4 + 9 \times 2.3}$$

$$C_{ME} = \mathbf{77.670 \%}$$

▪ **ET-20**

$$C_{ME} = 100 \times \frac{5 \times 13.5}{5 \times 13.5 + 9 \times 2.5}$$
$$C_{ME} = 75 \%$$

▪ **ET-25**

$$C_{ME} = 100 \times \frac{5 \times 15.0}{5 \times 15.0 + 9 \times 3.5}$$
$$C_{ME} = 71.101 \%$$



Lampiran 2

PERHITUNGAN KONVERSI BIODIESEL
SECARA TEORITIK 2

Berdasarkan persamaan 2 yaitu :

$$C_{ME} = 100 \times \frac{2 \times I_{ME}}{3 \times I_{\alpha-CH_2}}$$

dimana :

C_{ME} = konversi metil ester, %

I_{ME} = nilai integrasi puncak metil ester, %

$I_{\alpha-CH_2}$ = nilai integrasi puncak $\alpha-CH_2$, %

2. Reaksi Transesterifikasi

| Kode | I_{ME} (%) | $I_{\alpha-CH_2}$ (%) |
|------|-----------------|--------------------------|
| T-5 | 15.8 | 16.0 |
| T-10 | 14.3 | 14.6 |
| T-15 | 14.0 | 15.7 |
| T-20 | 15.6 | 13.3 |
| T-25 | 16.1 | 13.1 |

▪ **T-5**

$$C_{ME} = 100 \times \frac{2 \times 15.8}{3 \times 16.0}$$

$$C_{ME} = 65.833 \%$$

▪ **T-10**

$$C_{ME} = 100 \times \frac{2 \times 14.3}{3 \times 14.6}$$

$$C_{ME} = 65.297 \%$$

- **T-15**

$$C_{ME} = 100 \times \frac{2 \times 14.0}{3 \times 15.7}$$

$$C_{ME} = 59.448 \%$$

- **T-20**

$$C_{ME} = 100 \times \frac{2 \times 15.6}{3 \times 13.3}$$

$$C_{ME} = 78.195 \%$$

- **T-25**

$$C_{ME} = 100 \times \frac{2 \times 16.1}{3 \times 13.1}$$

$$C_{ME} = 81.933 \%$$

3. Reaksi Eserifikasi dan Reaksi transesterifikasi

| Kode | I _{ME} (%) | I α-CH ₂ (%) |
|-------|------------------------|----------------------------|
| ET-5 | 15.1 | 17.2 |
| ET-10 | 14.3 | 12.7 |
| ET-15 | 14.4 | 13.4 |
| ET-20 | 13.5 | 14.2 |
| ET-25 | 15.0 | 15.7 |

- **ET-5**

$$C_{ME} = 100 \times \frac{2 \times 15.1}{3 \times 17.2}$$

$$C_{ME} = 58.527 \%$$

- **ET-10**

$$C_{ME} = 100 \times \frac{2 \times 14.3}{3 \times 12.7}$$

$$C_{ME} = 75.066 \%$$

- **ET-15**

$$C_{ME} = 100 \times \frac{2 \times 14.4}{3 \times 13.4}$$

$$C_{ME} = 71.642 \%$$

- **ET-20**

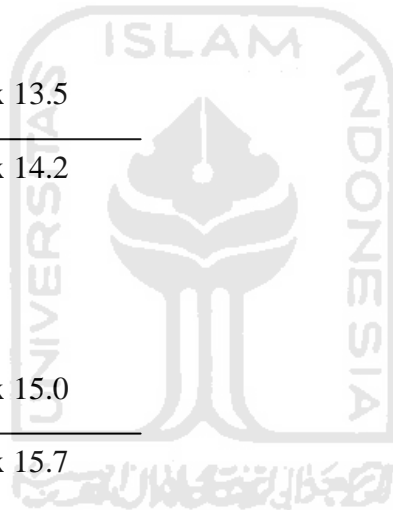
$$C_{ME} = 100 \times \frac{2 \times 13.5}{3 \times 14.2}$$

$$C_{ME} = 63.380 \%$$

- **ET-25**

$$C_{ME} = 100 \times \frac{2 \times 15.0}{3 \times 15.7}$$

$$C_{ME} = 63.694 \%$$



Lampiran 3

**PERHITUNGAN KONVERSI BIODIESEL
SECARA EKSPERIMEN**

Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Konversi Biodiesel (\%)} = \frac{\text{Berat hasil biodiesel (gram)}}{\text{Berat lemak (gram)}} \times 100\%$$

1. Reaksi Transesterifikasi

| Kode | Berat lemak (gram) | Berat hasil (gram) |
|------|--------------------|--------------------|
| T-5 | 100 | 79.86 |
| T-10 | 100 | 76.25 |
| T-15 | 100 | 69.64 |
| T-20 | 100 | 65.22 |
| T-25 | 100 | 61.59 |

▪ **T-5**

$$\text{Konversi Biodiesel (\%)} = \frac{79.86}{100} \times 100\%$$

$$\text{Konversi Biodiesel} = 79.86 \%$$

▪ **T-10**

$$\text{Konversi Biodiesel (\%)} = \frac{76.25}{100} \times 100\%$$

$$\text{Konversi Biodiesel} = 76.25 \%$$

▪ **T-15**

$$\text{Konversi Biodiesel (\%)} = \frac{69.64}{100} \times 100\%$$

$$\text{Konversi Biodiesel} = 69.64\%$$

▪ **T-20**

$$\text{Konversi Biodiesel (\%)} = \frac{65.22}{100} \times 100\%$$

$$\text{Konversi Biodiesel} = 65.22 \%$$

▪ **T-25**

$$\text{Konversi Biodiesel (\%)} = \frac{61.59}{100} \times 100\%$$

$$\text{Konversi Biodiesel} = 61.59 \%$$

2. Reaksi Esterifikasi dan Reaksi Transesterifikasi

| Kode | Berat lemak (gram) | Berat hasil (gram) |
|-------|--------------------|--------------------|
| ET-5 | 100 | 71.33 |
| ET-10 | 100 | 76.67 |
| ET-15 | 100 | 73.36 |
| ET-20 | 100 | 66.03 |
| ET-25 | 100 | 59.93 |

- **ET-5**

$$\text{Konversi Biodiesel (\%)} = \frac{71.33}{100} \times 100\%$$

$$\text{Konversi Biodiesel} = 71.33 \%$$

- **ET-10**

$$\text{Konversi Biodiesel (\%)} = \frac{76.67}{100} \times 100\%$$

$$\text{Konversi Biodiesel} = 76.67 \%$$

- **ET-15**

$$\text{Konversi Biodiesel (\%)} = \frac{73.36}{100} \times 100\%$$

$$\text{Konversi Biodiesel} = 73.36\%$$

- **ET-20**

$$\text{Konversi Biodiesel (\%)} = \frac{66.03}{100} \times 100\%$$

$$\text{Konversi Biodiesel} = 66.03 \%$$

- **ET-25**

$$\text{Konversi Biodiesel (\%)} = \frac{59.93}{100} \times 100\%$$

$$\text{Konversi Biodiesel} = 59.93 \%$$

Lampiran 4

ASAM LEMAK YANG PENTING, TERDAPAT DALAM MINYAK DAN LEMAK

| Jenis asam | Rumus Molekul | Sumber (asal) | Titik cair |
|---|--|---|------------------------------|
| Asam Lemak Jenuh | | | |
| ▪ Asetat | CH_3COOH | Minyak pohon <i>spindle</i> | 16,6 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ N-Butirat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ | Lemak susu sapi, mentega | -7,6 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ Isovalerat | $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COOH}$ | Minyak ikan lumba-lumba, dan <i>porpoise</i> | -37,6 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ n-Kaproat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ | Mentega, minyak kelapa, minyak kelapa sawit | -1,5 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ n-Kaprilat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$ | Idem | 1,6 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ Kaprat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$ | Susu sapi dan kambing, minyak kelapa, minyak kelapa sawit | 31,5 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ Laurat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$ | Susu, <i>spermaseti</i> , minyak laurat, minyak inti sawit, minyak kelapa | 44 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ Miristat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$ | Minyak pala, susu ternak, dan lemak nabati, minyak babi dan minyak ikan hiu | 58 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ Palmitat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ | Terdapat dalam sebagian besar lemak hewani dan minyak nabati | 64 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ Stearat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ | Idem | 69,4 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ Arachidat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$ | Minyak kacang | 76,3 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ Behenat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$ | Minyak behenat lemak mentega | 80,7 ($^{\circ}\text{C}$) |
| ▪ Lignoserat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$ | Minyak kacang, <i>sphingomyelin</i> , minyak kacang tanah. | 81 |
| Asam Lemak tidak jenuh (1 ikatan rangkap) | | | |
| ▪ Hypogeat | | | |
| ▪ Palmitoleat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{-CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ | Minyak kacang dan jagung Minyak <i>seal</i> | 33 |
| ▪ Phisetoleat | | | |
| ▪ Oleat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ | Minyak ikan paus <i>sperm</i> dan <i>seal</i> Di sebagian besar minyak dan lemak | 14 |
| ▪ Rapat | | | |
| ▪ Gadoleat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ | Minyak <i>colza</i> dan <i>rape</i> | |
| ▪ Erukat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ | Minyak herring, minyak hati dan ikan paus sperm Minyak <i>rape seed</i> , <i>mustard</i> , minyak hati ikan hiu. | 31-32 |
| 2 ikatan Rangkap atau lebih | | | |
| ▪ Linoleat | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ | Minyak biji kapas, biji lin, biji <i>poppy</i> | 11 |
| ▪ Linolenat | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2-$ | Minyak <i>perilla</i> , biji lin. | |

| | | | |
|--|--|---|--------------------|
| <ul style="list-style-type: none">▪ Clupanodonat▪ Arachidonat | $\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7 \text{COOH}$ $\text{C}_{22}\text{H}_{34}\text{O}_2$ $\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_2$ | Minyak ikan paus, sardin, hati ikan hiu, <i>herring</i> Jaringan hati babi | Kurang dari -78 |
|--|--|---|--------------------|

Sumber : Krischenbauer (1960)



ASAM LEMAK KOMPONEN LEMAK DEPOT HEWAN

| Hewan | Asam lemak, % dari keseluruhan | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 12:0 | 14:0 | 16:0 | 18:0 | 20:0 | 16:1 | 18:1 | 18:2 | 18:3 | 20:1 |
| Sapi | - | 6.3 | 27.4 | 14.1 | - | - | 49.6 | 2.5 | - | - |
| Babi | - | 1.8 | 21.8 | 8.9 | 0.8 | 4.2 | 53.4 | 6.6 | 0.8 | 0.8 |
| Domba | - | 4.6 | 24.6 | 30.5 | - | - | 36.0 | 4.3 | - | - |
| Kambing | 3.5 | 2.1 | 25.5 | 28.1 | 2.4 | - | 38.4 | - | - | - |
| Kuda | 0.4 | 4.5 | 25.9 | 4.7 | 0.2 | 6.8 | 33.7 | 5.2 | 16.3 | 2.3 |
| Ayam | 1.9 | 2.5 | 36.0 | 2.4 | - | 8.2 | 48.2 | 0.8 | - | - |
| Kalkun | 0.1 | 0.8 | 20.0 | 6.4 | 1.3 | 6.2 | 38.4 | 23.7 | 1.6 | - |

(Sumber : deman,1989)

ASAM LEMAK JENUH BERATOM KARBON GAMJIL DAN GENAP

| Nama Sistematis | Nama Umum | Rumus | Cara tulis singkat |
|--------------------------|------------|--|--------------------|
| <i>n</i> -Butanoat | Butirat | CH ₃ (CH ₂) ₂ .COOH | 4 : 0 |
| <i>n</i> -Heksanoat | Kaproat | CH ₃ (CH ₂) ₄ .COOH | 6 : 0 |
| <i>n</i> -Oktanoat | Kapriat | CH ₃ (CH ₂) ₆ .COOH | 8 : 0 |
| <i>n</i> -Dekanoat | Kaprat | CH ₃ (CH ₂) ₈ .COOH | 10 : 0 |
| <i>n</i> -Dodekanoat | Laurat | CH ₃ (CH ₂) ₁₀ .COOH | 12 : 0 |
| <i>n</i> -Tetradekanoat | Miistat | CH ₃ (CH ₂) ₁₂ .COOH | 14 : 0 |
| <i>n</i> -Hekasadekanoat | Palmitat | CH ₃ (CH ₂) ₁₄ .COOH | 16 : 0 |
| <i>n</i> -Oktadekanoat | Stearat | CH ₃ (CH ₂) ₁₆ .COOH | 18 : 0 |
| <i>n</i> -Eikosanoat | Arakidat | CH ₃ (CH ₂) ₁₈ .COOH | 20 : 0 |
| <i>n</i> -Dokosanoat | Behenat | CH ₃ (CH ₂) ₂₀ .COOH | 22 : 0 |
| <i>n</i> -Pentanoat | Valerat | CH ₃ (CH ₂) ₃ .COOH | 5 : 0 |
| <i>n</i> -Heptanoat | Enantat | CH ₃ (CH ₂) ₅ .COOH | 7 : 0 |
| <i>n</i> -Nonanoat | Pelargonat | CH ₃ (CH ₂) ₇ .COOH | 9 : 0 |
| <i>n</i> -Undekanoat | - | CH ₃ (CH ₂) ₉ .COOH | 11 : 0 |
| <i>n</i> -Tridekanoat | - | CH ₃ (CH ₂) ₁₁ .COOH | 13 : 0 |
| <i>n</i> -Pentadekanoat | - | CH ₃ (CH ₂) ₁₃ .COOH | 15 : 0 |
| <i>n</i> -Heptadekanoat | Margarat | CH ₃ (CH ₂) ₁₅ .COOH | 17 : 0 |

(Sumber : deman,1989)