# PENGARUH TEMPERATUR TRANSESTERIFIKASI MINYAK BIJI ALPUKAT DAN KATALIS KOH TERHADAP SIFAT FISIK BIODIESEL

## SKRIPSI

**KONSENTRASI KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik


Disusun oleh :

**MADAKA FARIZ HARYANTO**
**NIM : 0610623037-62**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL**
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**
**FAKULTAS TEKNIK**
**MALANG**
**2010**



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan nikmat, rahmat dan karunia yang telah diberikan, juga sholawat dan salam penulis tujukan kepada Nabi Besar Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Pengaruh Temperatur Transesterifikasi Minyak Biji Alpukat Dan Katalis KOH Terhadap Sifat Fisik Biodiesel".**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung atau tidak langsung turut membantu menyelesaikan skripsi ini dengan baik:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Dr.Eng. Anindito P., ST., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Mesin.
3. Bapak Ir. I Made Gunadiarta, MT. selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Konversi Energi Jurusan Mesin.
4. Bapak Ir. Handono Sasmito, M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing pertama dan Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST.M.Eng. selaku dosen pembimbing kedua serta Kepala Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin yang telah banyak memberi masukan dan pengetahuan selama penyusunan skripsi ini.
5. Mas Eko selaku karyawan Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin serta teman-teman asisten Agung Saifudin, Dita Putra Pratama dan Agung Nur Muharrom.
6. Bapak Slamet Rahardi selaku Kepala Laboratorium Unit Produksi Pelumas Surabaya PT. Pertamina dan segenap karyawan UPPS.
7. Bapak Zulriyadi selaku karyawan Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang.
8. Bapak Supriadi selaku karyawan Laboratorium Kimia Fak. MIPA Universitas Negeri Malang.
9. Seluruh Dosen pengajar Jurusan Mesin.
10. Seluruh karyawan Jurusan Mesin.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis selama ini.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Penulis menyadari bahwa ilmu yang dimiliki masih jauh dari kesempurnaan, begitu pula dengan skripsi ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyusunan yang lebih baik lagi.

Malang, Juli 2010

Penulis

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## DAFTAR ISI

**KATA PENGANTAR** ..... **i**
**DAFTAR ISI** ..... **iii**
**DAFTAR TABEL** ..... **vi**
**DAFTAR GAMBAR** ..... **vii**
**DAFTAR LAMPIRAN** ..... **ix**
**RINGKASAN** ..... **x**
**BAB I PENDAHULUAN** ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 3
1.3 Batasan Masalah ..... 3
1.4 Tujuan Penelitian ..... 3
1.5 Manfaat Penelitian ..... 4
**BAB II TINJAUAN PUSTAKA** ..... 5
2.1 Penelitian Sebelumnya ..... 5
2.2 Biodiesel ..... 6
2.3 Minyak Biji Alpukat ..... 9
2.4 Transesterifikasi Minyak Nabati ..... 12
2.4.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Reaksi Transesterifikasi ..... 15
2.5 Syarat Mutu Biodiesel ..... 18
2.6 Sifat Fisik Biodiesel ..... 19
2.6.1 Massa Jenis (*density*) ..... 19
2.6.2 Viskositas (*viscosity*) ..... 19
2.6.3 Titik Nyala (*flash point*) ..... 21
2.6.4 Nilai Kalor (*heating value*) ..... 21
2.6.5 Titik Tuang (*pour point*) ..... 22
2.6.6 Indeks Setana (cetane *index* ) ..... 22
2.7 Hipotesa ..... 23
**BAB III METODOLOGI PENELITIAN** ..... 24
3.1 Metode Penelitian ..... 24
3.2 Variabel Penelitian ..... 24
3.3 Bahan dan Peralatan yang Digunakan ..... 25

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3.3.1 Bahan yang Digunakan ..... 25
3.3.2 Peralatan yang Digunakan ..... 25
3.4 Instalasi Penelitian ..... 30
3.5 Tempat Penelitian ..... 30
3.6 Prosedur Penelitian ..... 31
3.7 Rencana Pengolahan Data ..... 32
3.7.1 Rencana Pengolahan Data ..... 32
3.7.2 Analisis Statistik ..... 33
3.8 Diagram Alir Penelitian ..... 38
**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN** ..... 39
4.1 Data Hasil Pengujian ..... 39
4.2 Analisis Statistik ..... 41
4.2.1 Analisis Varian Massa Jenis Biodiesel ..... 42
4.2.2 Analisis Varian Viskositas Biodiesel ..... 45
4.2.3 Analisis Varian Titik Nyala Biodiesel ..... 46
4.2.2 Analisis Varian Nilai Kalor Biodiesel ..... 47
4.2.1 Analisis Varian Titik Tuang Biodiesel ..... 48
4.2.2 Analisis Varian Indeks Setana Biodiesel ..... 49
4.3 Pembahasan ..... 50
4.3.1 Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Massa Jenis Biodiesel Dan Variasi Persentase KOH ..... 50
4.3.2 Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Viskositas Biodiesel Dan Variasi Persentase KOH ..... 52
4.3.3 Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Titik Nyala Biodiesel Dan Variasi Persentase KOH ..... 54
4.3.4 Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Nilai Kalor Biodiesel Dan Variasi Persentase KOH ..... 56
4.3.5 Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Titik Tuang Biodiesel Dan Variasi Persentase KOH ..... 58

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.3.6 Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Indeks Setana Biodiesel Dan Variasi Persentase KOH ..... 60
4.3.7 Tabel Perbandingan Sifat Fisik Antara Biodiesel Minyak Biji Alpukat (Temperatur 80°C menit, KOH 1%) Dengan Standar Sifat Fisik Minyak Solar Dan Biodiesel..... 62
**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**..... 64
5.1 Kesimpulan ..... 64
5.2 Saran ..... 64
**DAFTAR PUSTAKA**
**LAMPIRAN**

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# DAFTAR TABEL


| No. | Judul | Halaman |
|---|---|---|
| Tabel 2.1 | Tanaman Penghasil Minyak Nabati Serta Produktifitasnya | 8 |
| Tabel 2.2 | Perolehan Minyak (liter/ha) Beberapa Tumbuhan | 10 |
| Tabel 2.3 | Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Alpukat | 11 |
| Tabel 2.4 | Syarat Mutu Biodiesel Menurut SNI-04-7182-2006 | 18 |
| Tabel 3.1 | Contoh Pengambilan Data Transesterifikasi Minyak Biji Alpukat Dengan Variasi Persentase KOH 0,5% | 32 |
| Tabel 3.2 | Rancangan Pengamatan Model Dua Arah Dengan Pengulangan | 35 |
| Tabel 3.3 | Analisis Varian | 37 |
| Tabel 4.1 | Data Massa jenis Biodiesel (kg/m$^3$) | 39 |
| Tabel 4.2 | Data Viskositas Biodiesel (mm/s) | 39 |
| Tabel 4.3 | Data Titik Nyala Biodiesel (°C) | 40 |
| Tabel 4.4 | Data Nilai Kalor Biodiesel (kal/gram) | 40 |
| Tabel 4.5 | Data Titik Tuang Biodiesel (°C) | 40 |
| Tabel 4.6 | Data Indeks Setana Biodiesel | 41 |
| Tabel 4.7 | Analisis Varian Dua Arah Untuk Massa Jenis Biodiesel | 44 |
| Tabel 4.8 | Analisis Varian Dua Arah Untuk Viskositas Biodiesel | 45 |
| Tabel 4.9 | Analisis Varian Dua Arah Untuk Titik Nyala Biodiesel | 46 |
| Tabel 4.10 | Analisis Varian Dua Arah Untuk Nilai Kalor Biodiesel | 47 |
| Tabel 4.11 | Analisis Varian Dua Arah Untuk Titik Tuang Biodiesel | 48 |
| Tabel 4.12 | Analisis Varian Dua Arah Untuk Indeks Setana Biodiesel | 49 |
| Tabel 4.13 | Data Perbandingan Sifat Fisik Biodiesel Antara Minyak Biji Alpukat (Temperatur 80°C, KOH1%) Dengan Standar Biodiesel Dan Solar | 62 |


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## DAFTAR GAMBAR


| No. | Judul | Halaman |
|---|---|---|
| Gambar 2.1 | Susunan Ikatan Molekul Trigliserida | 6 |
| Gambar 2.2 | Struktur Ikatan Molekul Trigliserida | 7 |
| Gambar 2.3 | Buah Alpukat (*Persea Gratissima* Gaerth) | 9 |
| Gambar 2.4 | Transesterifikasi Minyak Nabati | 12 |
| Gambar 2.5 | Mekanisme Reaksi Transesterifikasi | 13 |
| Gambar 2.6 | Tahapan Reaksi Transesterifikasi | 14 |
| Gambar 2.7 | Penurunan Energi Aktivasi Dengan Katalis | 16 |
| Gambar 3.1 | *Density/Spesific Gravity Meter DA 500* | 27 |
| Gambar 3.2 | *Automatic Viscosity System, S Flow 3000 IV* | 28 |
| Gambar 3.3 | *Flash Point COC* (*Cleveland Open Cup*) | 28 |
| Gambar 3.4 | *Bomb Calorimeter* | 28 |
| Gambar 3.5 | *Pour Point Refrigeration Unit* | 29 |
| Gambar 3.6 | *Distilatio Apparatus, ASTM D 86-05* | 29 |
| Gambar 3.7 | Instalasi Penelitian Transesterifikasi | 30 |
| Gambar 3.8 | Grafik Hubungan Antara Temperatur Terhadap Massa Jenis Dengan Variasi Persentase KOH | 33 |
| Gambar 3.9 | Diagram Alir Penelitian | 38 |
| Gambar 4.1 | Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Massa Jenis Biodiesel Dengan Variasi Persentase KOH | 50 |
| Gambar 4.2 | Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Viskositas Biodiesel Dengan Variasi Persentase KOH | 52 |
| Gambar 4.3 | Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Titik Nyala Biodiesel Dengan Variasi Persentase KOH | 54 |
| Gambar 4.4 | Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Nilai Kalor Biodiesel Dengan Variasi Persentase KOH | 56 |


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Titik Tuang Biodiesel Dengan Variasi Persentase KOH 58
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Temperatur Transesterifikasi Terhadap Indeks Setana Biodiesel Dengan Variasi Persentase KOH 60

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# DAFTAR LAMPIRAN


| No. | Judul |
|---|---|
| Lampiran 1 | Sifat Fisik Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Biji Alpukat |
| Lampiran 2 | Tabel Anava ($F_{tabel}$) |
| Lampiran 3 | Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar |
| Lampiran 4 | Ekstrasi Minyak Biji Alpukat |
| Lampiran 5 | Surat Keterangan |


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

# RINGKASAN

**Madaka Fariz Haryanto,** Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2010**,** *Pengaruh Temperatur Transesterifikasi Minyak Biji Alpukat Dan Katalis KOH Terhadap Sifat Fisik Biodiesel.* **Dosen pembimbing: Handono Sasmito dan Nurkholis Hamidi**

Pembuatan biodiesel dari minyak nabati umumnya dilakukan dengan proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi merupakan proses yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat minyak nabati agar mendekati sifat bahan bakar berbasis minyak bumi yaitu dengan menggunakan alkohol (metanol, etanol, atau butanol) yang dicampur dengan katalis (sodium hidroksida atau potasium hidroksida) untuk memecah molekul minyak (trigliserida) secara kimia menjadi metil atau etil ester dan gliserol. Biji alpukat hingga saat ini merupakan bahan yang tidak banyak dimanfaatkan orang dan mengandung trigliserida serta kandungan asam lemak bebas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat dan katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel. Variabel bebas penelitian adalah temperatur transesterifikasi (40; 50; 60; 70 dan 80°C) dan katalis KOH yang ditambahkan (0,5; 0,75 dan 1%). Variabel terkontrolnya adalah waktu transesterifikasi (60 menit), metanol (20 % dari berat awal minyak) dan volume awal minyak (250 ml). Sedangkan variabel terikat yang diamati adalah sifat fisik biodiesel antara lain massa jenis, viskositas, nilai kalor, titik nyala, titik tuang, dan indeks setana.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa semakin tinggi temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat dan katalis KOH maka diperoleh sifat fisik yang lebih baik, yaitu dengan semakin menurunnya massa jenis, viskositas, titik nyala, titik tuang serta dengan semakin meningkatnya nilai kalor dan indeks setana. Pada temperatur 80°C dan persentase KOH 1% diperoleh sifat fisik biodiesel yang optimum yaitu massa jenis 883 kg/mm$^3$, viskositas 5,12 mm$^2$/s, titik nyala 172$^o$C, nilai kalor 11432,56 kal/g, titik tuang 7 $^o$C dan indeks setana 47,98.

**Kata kunci:** biodiesel, katalis KOH, minyak biji alpukat, sifat fisik biodiesel, temperatur transesterifikasi

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pemenuhan kebutuhan manusia akan sumber energi dalam bentuk cair khususnya bahan bakar minyak bumi akan semakin meningkat seiring meningkatnya populasi tiap tahunnya. Bahan bakar minyak bumi adalah salah satu sumber energi utama yang digunakan oleh banyak negara di dunia pada saat ini dan akan berkurang tiap tahunnya atau bahkan bisa habis. Hal ini disebabkan karena minyak bumi termasuk energi tidak dapat diperbarui (*unrenewable energy*), sehingga menimbulkan krisis energi.

Penggunaan bahan bakar minyak bumi juga mengakibatkan kerusakan lingkungan. Kajian ekologi modern dan lingkungan hidup (*environmental studies*) yang dilakukan oleh para ilmuan menerangkan bahwa pembakaran bahan bakar fosil sangat mungkin mengubah susunan dan kandungan gas-gas yang berada di lapisan atmosfer bumi. Kondisi ini memungkinkan akan meningkatkan suhu rata-rata permukaan bumi atau sering disebut dengan pemanasan global (*global warming*). Peringatan tersebut mulai terbukti pada tahun 1957, ketika ditemukan adanya peningkatan kandungan gas-gas karbondioksida ($CO_2$) di puncak gunung api Mauna Lowa di kepulauan Hawai. Pada tahun 1995, suatu panel para pakar terkemuka dunia yang diorganisir oleh progam lingkungan hidup PBB dan Organisasi Meteorologi di Inggris dan Universitas East Anglia melaporkan bahwa suhu permukaan bumi mencapai 14,48°C lebih panas dari rata-rata suhu permukaan bumi selama ini (Nugroho, 2006).

Konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia terus meningkat. Pada tahun 1999 sebanyak 51,8 juta kiloliter (KL), tahun 2000 naik menjadi 55,9 juta KL, tahun 2001 naik menjadi hampir 57,7 juta KL, tahun 2002 hampir 58,9 juta KL, tahun 2003 naik menjadi 59,8 juta KL dan tahun 2004 mencapai 64,7 juta KL (Mulyani, 2007). Disisi lain, bahwa cadangan minyak yang dimiliki Indonesia semakin terbatas karena merupakan produk yang tidak dapat diperbarui. Oleh karena itu diperlukan bahan bakar alternatif yang dapat diperbarui (*renewable*) berbahan baku minyak nabati, yaitu biodiesel.

Penggunaan biodiesel merupakan solusi menghadapi kelangkaan bahan bakar fosil pada masa mendatang, selain itu biodiesel bersifat dapat diperbarui

(*renewable*), ramah lingkungan serta tidak menambah akumulasi gas karbondioksida ($CO_2$) di atmosfer sehingga lebih jauh lagi mengurangi efek pemanasan global (*global warming*). Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang dapat diperoleh dari minyak sawit (*palm oil*), minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak biji karet, minyak kedelai, minyak biji alpukat dan lain-lain.

Dalam penelitian ini menggunakan minyak biji alpukat. Biji alpukat merupakan bahan yang tidak dimafaatkan orang dan mengandung trigliserida serta kandungan asam lemak bebas (*free fatty acid,* FFA) yang rendah yakni 0,367% - 0,82% (Ikhuora, 2007), sehingga biji alpukat dapat dijadikan biodiesel.

Pembuatan biodiesel dari minyak nabati adalah dengan proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi merupakan proses yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat minyak nabati agar mendekati sifat bahan bakar berbasis minyak bumi yaitu dengan menggunakan alkohol (metanol, etanol, atau butanol) yang dicampur dengan katalis (sodium hidroksida atau potasium hidroksida) untuk memecah molekul minyak (trigliserida) secara kimia menjadi metil atau etil ester dan gliserol. Metode ini menghasilkan biodiesel hingga 98% dari bahan baku minyak tumbuhan (Bouaid, 2005). Biodiesel identik dengan ester metil asam-asam lemak (*Fatty Acids Metil Ester*, FAME).

Pembentukan biodiesel dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis minyak tumbuhan, alkohol, temperatur reaksi, waktu reaksi, jenis dan prosentase katalis yang digunakan, kandungan air dan kandungan asam lemak. Pada proses reaksi, peranan temperatur sangat besar pengaruhnya. Pengaruh temperatur adalah untuk mendapatkan temperatur transesterifikasi yang paling efektif untuk mendapatkan hasil reaksi yang diinginkan. Proses transesterifikasi terjadi antara temperatur 60-80°C. Sedangkan katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi pada temperatur tertentu, tanpa mengalami perubahan kimia oleh reaksi itu sendiri. Berdasarkan latar belakang di atas, maka pada penelitian ini dilakukan variasi temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat dan katalis KOH yang tepat agar dihasilkan biodiesel yang berkualitas dan dapat memenuhi kebutuhan energi dalam negeri.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

"Bagaimana pengaruh temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat dan katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel?"

## 1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan tersebut lebih spesifik, maka dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas proses ekstrasi minyak biji alpukat.
2. Temperatur transesterifikasi (°C), divariasikan sebesar : 40; 50; 60; 70 dan 80.
3. Katalis yang digunakan adalah Potasium Hidroksida (%berat), divariasikan sebesar : 0,5; 0,75 dan 1.
4. Waktu transesterifikasi adalah 60 menit.
5. Menggunakan alkohol jenis metanol dengan persentase 20%.
6. Sifat fisik yang dibahas meliputi massa jenis; viskositas; nilai kalor; titik nyala; titik tuang; indeks setana.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat dan katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat antara lain sebagai berikut:

1. Dengan mengetahui temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat dan katalis KOH yang tepat, maka dapat diperoleh biodiesel dengan kualitas terbaik.
2. Biodiesel dari minyak biji alpukat dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif mengandung trigliserida serta kandungan asam lemak bebas (*free fatty acid,* FFA) yang rendah yakni 0,367% - 0,82% sehingga membantu mengurangi ketergantungan masyarakat pada bahan bakar fosil.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3. Biodiesel dari minyak biji alpukat dapat meningkatkan nilai tambah dan nilai ekonomis dari biji alpukat sehingga tidak dibuang begitu saja.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Penelitian Sebelumnya

Prof. M. Rachimoellah (2009) melakukan penelitian tentang *"Pembuatan biodiesel dari minyak biji alpukat (Persea Gratissima) dengan proses transesterifikasi"*. Penelitian tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh rasio mol minyak biji alpukat terhadap metanol dan suhu reaksi transesterifikasi serta untuk mengetahui pengaruh metode pencucian dan membandingkan antara kedua metode yaitu *dry washing* dengan konvensional (dengan air) untuk mendapatkan kadar metil ester tertinggi. Hasil penelitian adalah kondisi optimum untuk mendapatkan kadar metil ester maksimum pada pembuatan biodiesel dari minyak biji alpukat didapatkan pada rasio mol minyak terhadap metanol 1:6, rasio berat NaOH terhadap minyak biji alpukat 1% dan suhu reaksi 60°C sebesar 82,71%. Metode pencucian yang paling baik adalah *dry washing* dengan perolehan kadar metil ester 84,57 %.

Edy Darmawan (2005) melakukan penelitian tentang *"Pembuatan biodiesel dari minyak biji jarak dengan proses transesterifikasi dan dengan katalis KOH"*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel terbaik dilakukan pada temperatur 60°C, persentase metanol 20% dari minyak jarak dan persentase KOH sebagai katalis terhadap minyak jarak 0,056% dan disarankan menggunakan katalis padat agar mengurangi kandungan air dalam biodiesel.

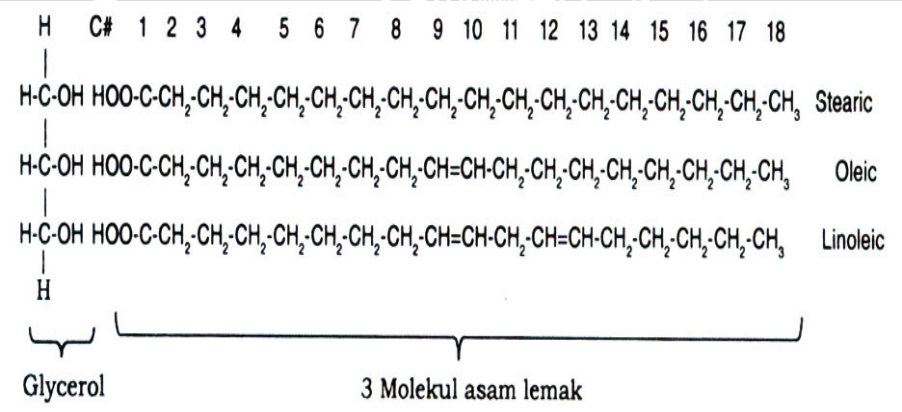
Ganda Putra Turnip (2008) melakukan peneltian tentang *"Pengaruh metanol dan NaOH terhadap rendemen dan mutu minyak jarak sebagai substitusi bahan bakar solar"*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metanol memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap rendemen, kadar asam lemak bebas, bilangan peroksida, viskositas, tetapi memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata terhadap kadar air. Pada metanol 20% dan NaOH 2% diperoleh biodiesel sebagai bahan substitusi bahan bakar solar yang terbaik.

## 2.2 Biodiesel

Biodiesel adalah salah satu jenis *biofuel* yaitu bahan bakar cair dari pengolahan tumbuhan. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari bahan

mentah yang dapat diperbarui (*renewable*). Menurut Zhang (2002), biodiesel merupakan turunan dari minyak/lemak tumbuhan atau hewan, yang direkomendasikan untuk pengganti minyak diesel karena sifat biodiesel yang dapat diperbarui, sumber daya hayati dengan emisi yang ramah lingkungan. Biodiesel dapat diperoleh dari minyak nabati atau lemak hewan, tetapi yang paling sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak nabati.

Minyak nabati tersusun dari molekul-molekul trigliserida yang terdiri dari gliserol yakni alkohol dengan rantai 3 karbon sebagai tulang punggung (rantai utama) dan 3 cabang asam lemak dengan rantai 18 karbon atau 16 karbon. Asam lemak merupakan rantai hidrokarbon lurus dan panjang yang berisi 12 sampai 24 atom karbon. Salah satu ujung molekul asam lemak berisi kelompok asam karboksilat (COOH). Salah satu contoh dari susunan ikatan molekul lemak nabati (trigliserida) ditunjukkan di gambar 2.1 berikut:



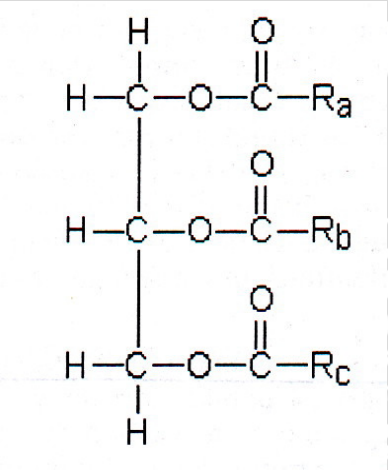

Gambar 2.1 Susunan ikatan molekul trigliserida
Sumber: Wardana; 2008: 38

Molekul-molekul trigliserida kebanyakan mengandung atom-atom karbon dan hidrogen dengan hanya 6 atom oksigen per molekul. Fungsi utama dari trigliserida adalah sebagai bahan bakar. Tumbuh-tumbuhan menyimpan energi dalam asam lemak. Minyak umumnya terkandung dalam biji-bijian tanaman. Jadi, minyak dari tumbuh-tumbuhan biasanya diperoleh dengan memeras bijinya.

Asam lemak dari tumbuhan merupakan ikatan tak jenuh dengan satu atau lebih ikatan rangkap di antara atom karbonnya dan berwujud cair pada temperatur ruang. Asam lemak dengan satu ikatan rangkap disebut *mono-unsaturated*, sedangkan yang memiliki lebih dari satu ikatan rangkap disebut *poly-unsaturated*.

Apabila hanya ada satu ikatan rangkap dalam rantai karbon asam lemak, ikatan tersebut biasanya muncul antara atom karbon ke 9 dan 10. Jika terdapat dua ikatan rangkap, maka ikatan rangkap ke dua selalu muncul antara atom karbon ke 12 dan 13, seperti terlihat pada gambar 2.1. Sementara ikatan rangkap ketiga umumnya muncul antara atom karbon ke 15 dan 16.

$H_2O$ (HOH) akan terbentuk ketika asam lemak pada gambar 2.1 terikat ke masing-masing atom karbon dari gliserol sehingga struktur ikatan molekulnya menjadi seperti gambar 2.2 berikut:




Gambar 2.2 Struktur ikatan molekul trigliserida
Sumber: Wardana; 2008: 39

Struktur dalam gambar 2.2 menunjukkan bahwa lemak dan minyak nabati mengandung tiga kelompok ester fungsional. Dengan kata lain lemak dan minyak nabati adalah ester dan *tri-alcohol*, yakni gliserol atau gliserin (Wardana, 2008: 37-39).

Semua minyak nabati dapat digunakan sebagai bahan bakar namun dengan proses-proses pengolahan tertentu (Choo, 1994). Tabel 2.1 menunjukkan berbagai macam tanaman penghasil minyak nabati serta produktifitas yang dihasilkan.

Tabel 2.1 Tanaman penghasil minyak nabati serta produktifitasnya

| Nama Indonesia | Nama Inggris | Nama Latin | Kg-/ha/thn |
|---|---|---|---|
| Sawit | Oil palm | *Elaeis guineensis* | 5000 |
| Kelapa | Coconut | *Cocos nucifera* | 2260 |
| Alpukat | Avocado | *Persea Americana* | 2217 |
| Kacang Brazil | Brazil nut | *Bertholletia excelsa* | 2010 |
| Kacang Makadam | Macadamia nut | *Macadamia ternif* | 1887 |
| Jarak pagar | Physic nut | *Jatropha curcas* | 1590 |
| Jojoba | Jojoba | *Simmondsia califor* | 1528 |
| Kacang pecan | Pecan nut | *Carya pecan* | 1505 |
| Jarak kaliki | Castor | *Ricinus communis* | 1188 |
| Zaitun | Olive | *Olea europea* | 1019 |
| Kanola | Repessed | *Brassica napus* | 1000 |

Sumber: Soerawidjaja; 2006

Biodiesel dapat diperoleh melalui proses transesterifikasi antara minyak nabati dengan alkohol (metanol atau etanol) dan bantuan katalis basa untuk menghasilkan metil ester dan gliserol. Biodiesel mempunyai sifat kimia dan fisik hampir sama dengan bahan bakar solar (*petroleum diesel*). Transesterifikasi minyak dan alkohol dengan menggunakan katalis basa adalah metode yang biasa digunakan dalam pembuatan biodiesel.

Biodiesel memiliki kelebihan dibandingkan bahan bakar minyak diesel, antara lain:

1. Pemanfaatan minyak nabati atau lemak hewani.

   Pembuatan biodiesel dapat menyalurkan produksi minyak nabati atau lemak hewani yang berlebih. Ini berarti jika ada biji dari tumbuhan seperti biji alpukat dan biji karet dapat dimanfaatkan sebagai biodiesel dan tidak dibuang begitu saja.

2. Biodiesel dapat diperbaharui (*renewable*)

   Biodiesel termasuk bahan bakar alternatif yang dapat diperbarui (*renewable*) karena bahan baku dasar pembuatannya adalah minyak nabati atau lemak hewani yang dapat tumbuh sepanjang tahun sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaruhi.

3. Intensitas racun rendah

   Jumlah komponen emisi gas buang biodiesel apabila dibandingkan minyak diesel yaitu CO turun 7,43%, $CO_2$ turun 3,33%, $O_2$ naik

6,25%, NOx turun 3,84%, HC turun 11,32% dan $SO_2$ turun 16,65% (Chairil, et.al., 2007).

4. Tingkat pelumasan tinggi

   Kadar belerang dalam minyak diesel berfungsi sebagai pelumas. Belerang akan menyebabkan emisi buang meningkat. Biodiesel meningkatkan pelumasan lebih dari solar sehingga emisi gas buang dapat diturunkan. Dengan menurunnya emisi gas buang maka dapat mengurangi efek pemanasan global (*global warming*).

## 2.3 Minyak Biji Alpukat

Alpukat adalah buah yang telah dikenal dan digemari oleh segala bangsa di dunia karena kadar asam lemak jenuh pada buah alpukat tergolong rendah. Alpukat tergolong buah yang memiliki kalori yang tinggi. Alpukat dapat digunakan sebagai bahan campuran pembuatan minuman, obat dan bijinya dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Berikut ini merupakan gambar buah alpukat beserta bijinya yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan minyak biji alpukat.

Gambar 2.3 Buah alpukat (*Persea Gratissima* Gaerth)
Sumber : http://www.ristek.go.id

Potensi alpukat di dunia cukup besar, hal ini ditandai dengan perolehan alpukat yang mencapai 2217 kg per hektar per tahun (dapat dilihat pada Tabel 2.1). Dari alpukat dapat dihasilkan minyak biji alpukat yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar pengganti diesel. Minyak biji alpukat mengandung *fatty acid methyl esters* yang berpotensi sebagai bahan bakar alternatif. Alpukat memiliki

kandungan minyak yang cukup tinggi. Pada tabel 2.2 di bawah ini akan ditunjukkan perolehan minyak (liter/ha) dari beberapa tumbuhan.

Tabel 2.2 Perolehan minyak (liter/ha) beberapa tumbuhan

| Tanaman | Perolehan [kg/ha] | Perolehan [liter/ha] |
|---|---|---|
| Kedelai | 375 | 446 |
| Jarak | 1590 | 1892 |
| Bunga matahari | 800 | 952 |
| Alpukat | 2217 | 2638 |
| Kacang tanah | 890 | 1059 |
| Kelapa sawit | 5000 | 5950 |

Sumber: http://www.avocadosource.com/WAC1/WAC1_p159

Dari tabel, dapat dilihat bahwa kandungan minyak alpukat lebih tinggi dibandingkan tanaman-tanaman seperti kedelai, jarak, bunga matahari, dan kacang tanah. Namun, kandungan minyak alpukat masih lebih rendah dibandingkan sawit.

The National Biodiesel Foundation (NBF), telah meneliti buah alpukat sebagai bahan bakar sejak 1994. Joe Jobe, executive director NBF, memaparkan bahwa alpukat mengandung lemak nabati yang tersusun dari senyawa *alkyl ester*. Bahan ester itu memiliki komposisi sama dengan bahan bakar diesel, bahkan lebih baik nilai setana-nya sehingga gas buangannya lebih ramah lingkungan.

Komposisi asam lemak minyak biji alpukat dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Komposisi asam lemak minyak biji alpukat

| Asam Lemak | % |
|---|---|
| Palmetic Acid C16 : 1 | 11,85 |
| Palmitoleic Acid C16 : 1 | 3,98 |
| Stearic Acid C18 : 1 | 0,87 |
| Oleic Acid C18 : 1 | 70,54 |
| Linoleic Acid C18 : 2 | 9,54 |
| Linolenic Acid C18 : 3 | 0,87 |
| Arachidic Acid C20 : 0 | 0,50 |
| Eliosenoic Acid C20 : 1 | 0,39 |
| Behenic Acid C22 : 0 | 0,61 |
| Lignoceric Acid C24 : 0 | 0,34 |

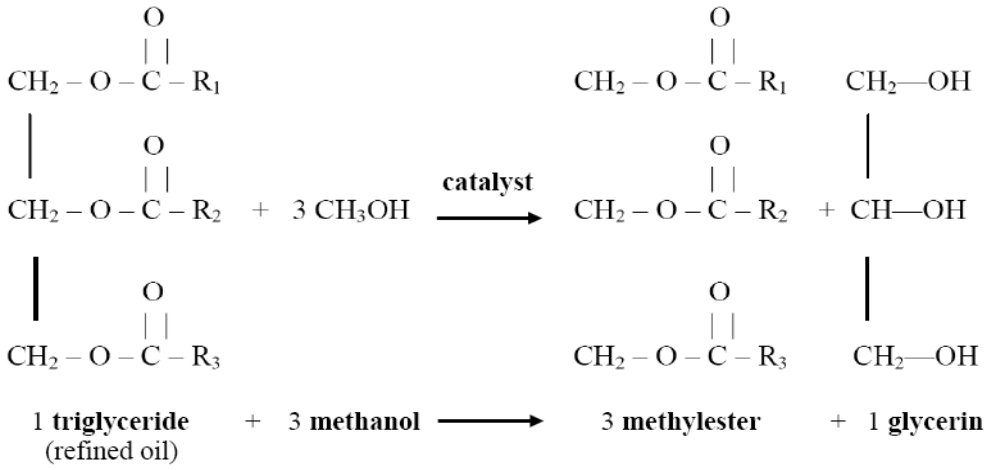
Sumber: Rachimoellah; 2009

Dari tabel 2.3 dapat dilihat komposisi tiga asam lemak minyak biji alpukat terbesar adalah asam oleat ($C_{18}H_{34}COOH$) sebesar 70,54%, asam palmeat ($C_{16}H_{30}COOH$) sebesar 11,85% dan asam linoleat ($C_{18}H_{32}COOH$) sebesar 9,45%. Minyak biji alpukat juga memiliki kandungan asam lemak bebas (*free fatty acid*, FFA) yang rendah yakni 0,367-0,82% (Ikhuoria, 2007) sehingga dapat dijadikan biodiesel dengan proses transesterifikasi. Syarat untuk melakukan proses transesterifikasi adalah kandungan FFA harus < 2%. Jika kandungan FFA > 2%, perlu dilakukan proses esterifikasi sebelum melakukan tahap transesterifikasi (Ramadhas, et. al., 2004).

Asam lemak bebas (FFA) adalah asam lemak yang terpisahkan dari trigliserida, digliserida, monogliserida, dan gliserin bebas. Hal ini dapat disebabkan oleh pemanasan dan terdapatnya air sehingga terjadi proses hidrolisis. Oksidasi juga dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas dalam minyak nabati. Kandungan asam lemak bebas dalam biodiesel akan mengakibatkan terbentuknya suasana asam yang dapat mengakibatkan korosi pada peralatan injeksi bahan bakar, membuat filter tersumbat dan terjadi sedimentasi pada injektor.

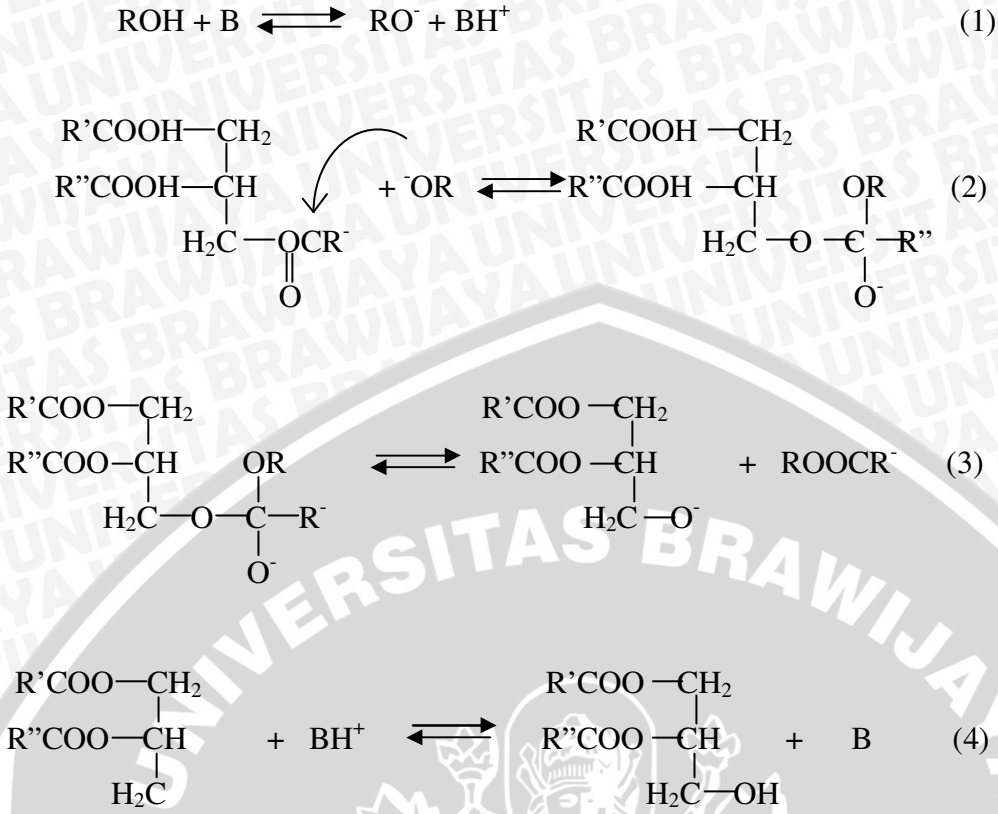
## 2.4 Transesterifikasi Minyak Nabati

Transesterifikasi adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) dengan alkohol (metanol atau etanol) dan bantuan katalis menjadi metil ester (biodiesel). Jenis alkohol yang digunakan untuk proses transesterifikasi adalah metanol karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi, walaupun tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan jenis alkohol lainnya seperti etanol. Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya untuk mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi tanpa menggeser kesetimbangan reaksi. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat (Mittlebatch, 2004). Katalis yang digunakan adalah katalis basa karena katalis basa dapat mempercepat reaksi pada termperatur ruangan. Transesterifikasi merupakan reaksi kesetimbangan. Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:



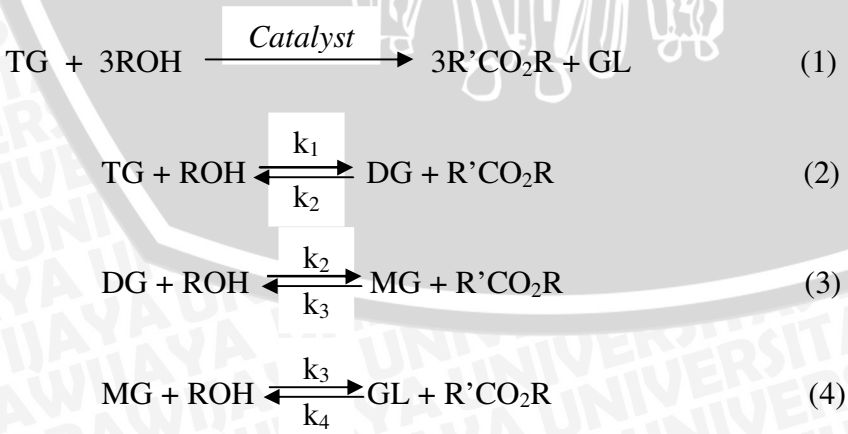

Gambar 2.4 Transesterifikasi minyak nabati
Sumber: Rutz; 2007: 87

Mekanisme saat reaksi transesterifikasi dengan katalis basa dapat dilihat pada gambar 2.5. Reaksi yang terjadi pertama yaitu metanol (ROH) dengan katalis KOH (disimbolkan B). Unsur $OH^-$ pada KOH akan menyerang $H^+$ pada senyawa ROH. Hal ini menyebabkan unsur O pada ROH akan kelebihan elektron sehingga O bermuatan negatif menjadi $RO^-$. $RO^-$ yang bersifat negatif merupakan *nukleofil* (suka akan inti) sehingga $O^-$ akan menyerang inti pada senyawa trigliserida. Penyerangan inti C oleh $O^-$ akan menyebabkan ikatan rangkap elektron antara O dan C pada trigliserida akan berpindah pada $O^-$ dan akan membentuk ikatan senyawa antara tetrahedral. Ikatan tetrahedral merupakan ikatan tidak stabil, untuk mencapai kestabilan muatan negatif O akan membentuk ikatan rangkap kembali. Karena C kelebihan elektron maka akan memutus ikatan dari O dan akan membentuk ikatan alkil ester, sedangkan trigliserida menjadi digliserida. Reaksi ini akan terjadi berulang-ulang sehingga rantai trigliserida putus menjadi alkil ester dan gliserol.




Gambar 2.5 Mekanisme reaksi transesterifikasi
Sumber: Schuchardt; 1998: 201

Reaksi transesterifikasi berlangsung dalam 3 tahap, yaitu dimana trigliserida berubah menjadi digliserida kemudian monogliserida dan menjadi metil atau etil ester. Tahapan dari reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut:




Gambar 2.6 Tahapan reaksi transesterifikasi
Sumber: Darnoko et al; 2000: 10

Dari reaksi diatas, 1 mol trigliserida ($T_G$) bereaksi dengan 3 mol alkohol (ROH) menghasilkan 3 mol senyawa ester dan 1 mol gliserol ($G_L$). Satu mol alkohol akan mengubah trigliserida menjadi digliserida dan senyawa ester. Satu mol alkohol selanjutnya bereaksi dengan digliserida akan menghasilkan monogliserida dan senyawa ester. Satu mol alkohol terakhir akan bereaksi dengan monogliserida akan menghasilkan gliserol (GL) dan ester (Darnoko, et al., 2000).

Mekanisme katalis menurunkan energi aktivasi reaksi transesterifikasi dengan cara merangsang elektron yang mengikat atom-atom dalam trigliserida dengan katalis sehingga ikatan atom trigliserida akan putus yang menyebabkan trigliserida tersebut menjadi kelebihan proton karena beda potensial antara katalis dengan senyawa trigliserida. Kemudian karena katalis juga memiliki beda potensial dengan alkohol (ROH), yang berarti katalis berpotensial lebih negatif daripada alkohol maka elektron akan pindah ke alkohol. Dengan perbedaan muatan antara trigliserida yang positif dan alkohol yang negatif maka akan terjadi saling tarik-menarik dan bereaksi. Jadi satu molekul dari trigliserida bisa pecah menjadi beberapa molekul atau atom yang bermuatan yang disebut radikal. Molekul atau atom trigliserida tersebut dengan sangat mudah untuk bereaksi dengan alkohol (ROH) yang telah diberi muatan oleh katalis.

### 2.4.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Reaksi Transesterifikasi

Beberapa faktor yang mempengaruhi konversi serta perolehan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi adalah sebagai berikut:

**a. Pengaruh temperatur**

Pengaruh temperatur reaksi transesterifikasi mempengaruhi laju konversi biodiesel. Dengan pemanasan gerakan molekul-molekul bahan bakar dan pengoksidasi menjadi lebih cepat dan tumbukan molekul-molekul semakin keras. Akibatnya beberapa atom dengan ikatan lemah akan lepas. Dengan demikian molekul bahan bakar akan bermuatan dan menjadi aktif sehingga menyebabkan kecepatan reaksi akan meningkat.

Reaksi transesterifikasi akan berjalan hampir sempurna pada temperatur ruangan dengan waktu yang cukup lama. Reaksi berjalan pada temperatur yang hampir sama dengan titik didih (*boiling point*) dari metanol, sehingga trigliserida akan mengalami transesterifikasi pada

tekanan atmosfer dan temperatur sekitar 60-70°C (Hui, 1996). Penelitian ini menggunakan variasi temperatur (°C) yaitu 40; 50; 60; 70 dan 80.

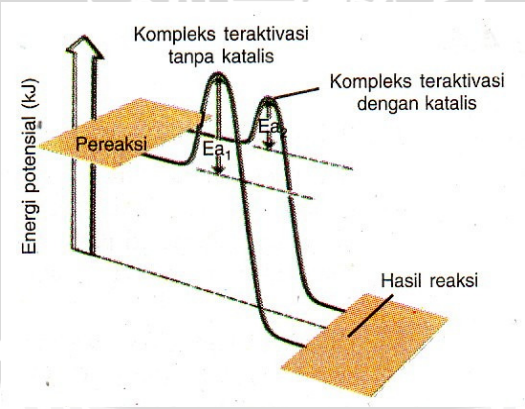
**b. Pengaruh alkohol**

Alkohol adalah senyawa turunan alkana yang satu atom H-nya diganti dengan gugus hidroksida atau –OH sehingga mempunyai rumus struktur R-OH. Metanol mempunyai rumus empiris $CH_3OH$ merupakan senyawa turunan dari alkana yang mempunyai rumus empiris $CH_4$. Pada reaksi transesterifikasi metanol berfungsi untuk memecah molekul dari minyak tumbuhan (trigliserida) secara kimia menjadi metil atau etil ester. Metanol lebih umum digunakan untuk proses transesterifikasi karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi.

Metanol bersifat asam lemah, mudah terbakar dan mempunyai energi pembakaran yang tinggi yaitu 419 kJ per mol $O_2$ (www.chem-is-try.org). Selain itu, metanol mempunyai massa molar 32.04 g/mol, *flash point* (titik nyala) 11°C, *melting point* -97°C, *boiling point* 64.7°C dan densitas 0,7918 g/cm$^3$ dalam fase *liquid*.

**c. Pengaruh katalis**

Pada reaksi transesterifikasi dibutuhkan adanya katalis untuk mempercepat reaksi. Katalis adalah suatu zat yang dapat mempercepat laju reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi, seperti pada gambar 2.7 berikut:




Gambar 2.7 Penurunan energi aktivasi dengan katalis
Sumber: Rutz; 2007: 98

Energi aktivasi dengan katalis ($E_{a1}$) lebih rendah daripada energi aktivasi tanpa katalis ($E_{a2}$) sehingga dengan menggunakan katalis reaksi

transesterifikasi dapat tercapai. Akibatnya, reaksi dengan bantuan katalis berlangsung lebih cepat. Katalis yang digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis yang bersifat basa. Katalis basa yang umum digunakan untuk reaksi transesterifikasi adalah sodium hidroksida (NaOH), potasium hidroksida (KOH).

Katalis yang digunakan adalah potasium hidroksida (KOH) dengan variasi persentase 0,5%; 0,75% dan 1%. Potasium disebut juga potas api, merupakan senyawa kimia yang mudah larut dalam air, berwarna putih dan tidak berbau. Potasium hidroksida memiliki massa molar 56,10564 g/mol, *melting point* 360°C, *boiling point* 1320°C dan densitas 2,044 g/cm$^3$ pada fase *solid*.

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sodium hidroksida merupakan senyawa kimia yang secara spontan menyerap karbondioksida dari udara bebas dan mudah larut dalam air serta akan melepaskan panas ketika dilarutkan. Natrium hidroksida berbentuk putih padat serta ada yang berbentuk serpihan atau butiran. Natrium hidroksida juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. Natrium hidroksida memiliki massa molar 39,9971 g/mol, *melting point* 318 °C, *boiling point* 1390 °C dan densitas 2,1 g/cm³ pada fase *solid*.

**d. Pengaruh air dan asam lemak bebas (FFA)**

Asam lemak bebas (FFA) adalah asam lemak yang terpisahkan dari trigliserida, digliserida, monogliserida dan gliserin bebas. Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam lemak bebas (FFA) yang lebih kecil < 2%. Jika kandungan FFA > 2%, perlu dilakukan proses esterifikasi sebelum melakukan tahap transesterifikasi (Ramadhas, et. al., 2004).. Adanya kandungan FFA yang tinggi akan menyebabkan pembentukan sabun, yang selanjutnya akan tercampur dengan bahan baku, menghambat proses transesterifikasi sehingga memperkecil produksi biodiesel (Susilo, 2006). Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air. Karena air akan bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang.

e. **Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan bahan mentah**

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi adalah 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida untuk memperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol. Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah. Pada rasio molar 6:1, setelah 1 jam konversi yang dihasilkan adalah 98-99%, sedangkan pada 3:1 adalah 74-89%. Nilai perbandingan yang terbaik adalah 6:1 karena dapat memberikan konversi yang maksimum.

## 2.5 Syarat Mutu Biodiesel

Pembuatan biodiesel akan berguna apabila produk yang dihasilkan sesuai dengan syarat mutu biodiesel yang telah ditetapkan dan berlaku di daerah pemasaran biodiesel. Persyaratan mutu biodiesel di Indonesia telah ditetapkan dalam SNI-04-7182-2006, yang telah disahkan dan diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) tanggal 22 Februari 2006 (Soerawidjaja, 2006). Syarat mutu biodiesel dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Syarat mutu biodiesel menurut SNI-04-7182-2006

| No. | Parameter dan satuannya | Batas nilai | Metode Uji |
|---|---|---|---|
| 1. | Massa jenis pada 15°C, kg/m$^3$ | 850 – 890 | ASTM D 1298 |
| 2 | Viskositas kinematic pada 40°C, mm/s | 2,3 – 6 | ASTM D 445 |
| 3. | Indeks setana | Min. 48 | ASTM D 976 |
| 4. | Titik nyala (mangkok tertutup), °C | Min. 100 | ASTM D 93 |
| 5. | Titik tuang, °C | Maks. 18 | ASTM D 2500 |
| 6. | Korosi lempeng tembaga (3jam, 50°C) | Maks. no.3 | ASTM D 130 |
| 7. | Residu karbon, %-berat<br>- dalam contoh asli<br>- dalam 10% ampas distilasi | Maks. 0,05<br>(maks. 0,03) | ASTM D 4530 |
| 8. | Air dan sedimen, %-vol. | Maks. 0,05 | ASTM D 2709 |
| 9. | Temperatur distilasi 90%, °C | Maks. 360 | ASTM D 1160 |
| 10. | Abu tersulfatkan, %-berat | Maks. 0,02 | ASTM D 874 |
| 11. | Belerang, ppm-b (mg/kg) | Maks. 100 | ASTM D 5453 |
| 12. | Fosfor, ppm-b (mg/kg) | Maks. 10 | AOCS Ca 12-55 |
| 13. | Angka asam, mg-KOH/gram | Maks. 0,8 | ASTM D 664 |
| 14. | Gliserol bebas, %-berat | Maks. 0,02 | ASTM D 6584 |
| 15. | Gliserol total,%-berat | Maks. 0,24 | ASTM D6584 |
| 16. | Kadar ester alkil, %berat | Maks. 96,5 | dihitung* |
| 17. | Angka iodium, g-$I_2$/(100gram) | Maks. 115 | AOCS Cd 1-25 |
| 18. | Uji Haplhen | Negatif | AOCS Cb 1-25 |

*dapat diuji terpisah dengan ketentuan kandungan sedimen maksimum 0,01 %-vol
Sumber: Soerawidjaja, 2006

## 2.6 Sifat Fisik Biodiesel

Sifat fisik biodiesel yang perlu diketahui untuk menilai kelayakan substitusi bahan bakar diesel (solar) antara lain massa jenis (*density*), viskositas (*viscosity*), titik nyala (*flash point*), nilai kalor (*heating value*), titik tuang (*pour point*) dan indeks setana (*cetane index*).

### 2.6.1 Massa Jenis (*density*)

Massa jenis adalah perbandingan jumlah massa yang dimiliki suatu fluida dalam suatu volume tertentu. Dalam suatu volume yang sama setiap fluida memiliki massa jenis yang berbeda. Massa jenis menunjukkan kerapatan molekul fluida dalam suatu volume yang sama. Semakin rapat molekul fluida, maka fluida tersebut memiliki massa jenis yang semakin besar. Massa jenis mempunyai satuan berat per volume (kg/m$^3$). Densitas diukur dengan suatu alat yaitu *hydrometer*. Pengetahuan mengenai densitas ini berguna untuk perhitungan kuantitatif dan pengkajian kualitas penyalaan. Sifat fisik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar. Massa jenis dapat dihitung dengan rumus:

$$\rho = \frac{m}{v}$$ (Cengel;2002:13)

dengan :

$\rho$ = massa jenis

m = massa

V = volume

### 2.6.2 Viskositas (*viscosity*)

Viskositas suatu fluida merupakan ukuran tahanan fluida terhadap aliran. Viskositas tergantung pada temperatur ruang dan berkurang dengan naiknya temperatur. Jika viskositas semakin tinggi, maka tahanan untuk mengalir akan semakin tinggi. Karakteristik ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel. Atomisasi bahan bakar sangat bergantung pada viskositas, tekanan injeksi serta ukuran lubang injektor. Viskositas yang lebih tinggi akan membuat bahan bakar teratomisasi

menjadi tetesan yang lebih besar dengan momentum tinggi dan memiliki kecenderungan untuk bertumbukan dengan dinding silinder yang relatif lebih dingin. Hal ini menyebabkan pemadaman *flame* dan peningkatan deposit dan emisi mesin. Bahan bakar dengan viskositas lebih rendah memproduksi *spray* yang terlalu halus dan tidak dapat masuk lebih jauh ke dalam silinder pembakaran, sehingga terbentuk daerah *fuel rich zone* yang menyebabkan pembentukan jelaga.

Viskositas juga menunjukkan sifat pelumasan atau lubrikasi dari bahan bakar. Viskositas yang relatif tinggi mempunyai sifat pelumasan yang lebih baik. Pada umumnya, bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relatif rendah agar dapat mudah mengalir dan teratomisasi. Hal ini dikarenakan putaran mesin yang cepat membutuhkan injeksi bahan bakar yang cepat pula. Namun, tetap ada batas minimal karena diperlukan sifat pelumasan yang cukup baik untuk mencegah terjadinya keausan akibat gerakan piston yang cepat. Hal inilah mendasari perlu dilakukannya proses transesterifikasi untuk menurunkan harga viskositas minyak tumbuhan sehingga mendekati viskositas solar.

Viskositas diukur dengan *Stokes/Centistokes, Engler, Saybolt* atau *Redwood*. Tiap jenis minyak bakar memiliki hubungan temperatur-viskositas tersendiri. Pengukuran viskositas dilakukan dengan suatu alat yaitu viskometer. Viskositas yang didapatkan dari pengukuran pada viskometer adalah viskositas kinematik. Besarnya viskositas kinematik dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$ (Holman;1985:347)

dengan : v = viskositas kinematik fluida ($m^2/s$)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/m.s)

ρ = densitas fluida ($kg/m^3$)

### 2.6.3 Titik nyala (*flash point*)

Setiap cairan memiliki tekanan uap. Dengan naiknya temperatur, tekanan uap akan meningkat. Dengan meningkatnya tekanan uap, konsentrasi uap cairan yang mudah terbakar di udara juga meningkat. Oleh karena itu,

temperatur menentukan konsentrasi uap cairan yang mudah terbakar di udara. Setiap cairan yang mudah terbakar membutuhkan konsentrasi uap yang berbeda di udara. Titik nyala (*flash point*) adalah titik temperatur terendah dimana uap bahan bakar atau suatu cairan dalam campurannya dengan udara dapat menyala.

Titik nyala yang terlampau tinggi dapat menyebabkan keterlambatan penyalaan, sementara apabila titik nyala terlampau rendah akan menyababkan timbulnya detonasi yaitu ledakan-ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ruang bakar. Titik nyala juga berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar.

### 2.6.4 Nilai kalor (*heating value*)

Nilai kalor adalah suatu sifat yang menunjukkan jumlah energi panas yang terkandung dalam suatu massa atau volume bahan bakar melalui proses pembakaran sempurna. Nilai kalor diklasifikasikan menjadi 2 macam, yaitu nilai kalor tertinggi (*higher heating value*/HHV) dan nilai kalor terendah (*lower heating value*/LHV). Nilai kalor tertinggi (HHV) adalah jumlah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna setiap satu satuan massa bahan bakar tanpa memperhitungkan jumlah kalor yang diperlukan untuk penguapan air. Sedangkan nilai kalor rendah (LHV) adalah panas pembakaran pada kondisi di mana air dalam produk berbentuk uap. Nilai kalor dapat diukur dengan *bomb calorimeter*. Nilai kalor ini dinyatakan dalam kalori per gram (kal/g). HHV dapat dihitung menggunakan persamaan DULONG-PETIT:

$$HHV=8080C+34460(H-O/8)+2250S \text{ kkal/Kg}_{(bahanbakar)}$$ (Wardana;2008:32)

dengan :

C = kandungan karbon dalam bahan bakar

H = kandungan hidrogen dalam bahan bakar

O = kandungan oksigen dalam bahan bakar

S = kandungan belerang dalam bahan bakar

LHV dapat dihitung dengan persamaan:

LHV = HHV – xLH (Wardana;2008:32)

dengan :

x = massa $H_2O$ yang terbentuk dalam proses pembakaran/satuan massa bahan bakar

LH = panas laten penguapan $H_2O$ = 2400 kJ/kg $H_2O$

### 2.6.5 Titik Tuang (*Pour Point*)

Titik tuang (*pour point*) adalah suatu angka yang menyatakan temperatur terendah dari bahan bakar minyak sehingga minyak tersebut masih dapat mengalir apabila didinginkan pada kondisi tertentu karena gaya gravitasi. Titik tuang ini diperlukan sehubungan dengan adanya persyaratan praktis dari pemakaian bahan bakar minyak. Hal ini dikarenakan bahan bakar sering sulit dipompa apabila temperaturnya telah dibawah titik tuang. Titik tuang juga penting untuk keperluan pada saat penyimpanan.

### 2.6.6 Indeks Setana (*cetana index*)

Indeks setana adalah suatu parameter mutu penyalaan pada bahan bakar mesin diesel selain angka setana. Mutu pelayanan dari bahan bakar diesel dapat diartikan sebagai waktu yang diperlukan untuk bahan bakar agar dapat menyala di ruang pembakaran dan diukur setelah penyalaan terjadi. Indeks setana adalah nilai yang dapat ditentukan dengan cara perhitungan berdasarkan temperatur distilasi pada *recovery* 50% dari volume awal distilasi dan densitas minyak pada suhu 15°C.

Pengukuran temperatur distilasi pada *recovery* 50% dari volume awal distilasi yaitu dengan cara mengukur volume awal minyak pada gelas ukur sebanyak 100 ml. Minyak yang ada pada gelas ukur dipindahkan dalam labu distilasi yang dipasangi *thermometer* kemudian dipanaskan. Pada proses ini minyak akan menguap, uap minyak tersebut akan dikondensasi (*recovery*) menjadi cair kembali dan hasil kondensasi akan ditampung pada gelas ukur. Setelah hasil kondensasi mencapai 50% dari volume awal minyak (50 ml) dicatat temperatur yang terbaca pada *thermometer* labu distilasi (ASTM D86). Untuk mendapatkan nilai indeks setana maka dilakukan perhitungan sesuai persamaan berikut:

$$CCI=454,74-1641,416D+774,74D^2-0,554B+97,803(\log B)^2 \text{ (ASTM D976)}$$

dengan:

*CCI* = *Calculated Cetane Index*

*D* = density (massa jenis) minyak pada suhu 15°C (gram/cm$^3$)

*B* = temperatur destilasi pada *recovery* 50% volume minyak (°C)

## 2.7 Hipotesa

Dengan semakin bertambahnya temperatur transesterifikasi dengan katalis KOH akan membuat tumbukan antara molekul-molekul lebih sering terjadi yang mengakibatkan kecepatan reaksi meningkat sehingga menyebabkan perubahan sifat fisik biodiesel.

# BAB III
# METODE PENELITIAN

## 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk mencari data sebab-akibat melalui eksperimen sehingga didapatkan data empiris. Dalam hal ini obyek penelitian yang diamati adalah pengaruh temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat dan katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel yang meliputi massa jenis, viskositas, titik nyala, nilai kalor, titik tuang dan indeks setana.

## 3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Variabel Bebas

   Variabel bebas adalah variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Besar variabel bebas dapat diubah-ubah dengan metode tertentu, sehingga didapatkan hubungan antara variabel dengan variabel terikat.

   - Temperatur : 40; 50; 60; 70 dan 80 (°C).
   - KOH yang ditambahkan : 0,5; 0,75 dan 1(%).

2. Variabel Terikat

   Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari nilai variabel bebasnya.

   Sifat fisik biodiesel yang meliputi massa jenis (kg/m$^3$), viskositas (mm$^2$/s), titik nyala (°C), nilai kalor (kalori/gram), titik tuang(°C), dan indeks setana.

3. Variabel Terkontrol

   Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dikonstankan pada waktu penelitian.

   - Waktu transesterifikasi : 60 menit
   - Persentase metanol : 20 % dari volume awal minyak
   - Volume awal minyak : 250 ml

## 3.3 Bahan dan Peralatan yang Digunakan

### 3.3.1 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Minyak biji alpukat

   Minyak biji alpukat merupakan bahan baku pembuatan biodiesel dalam reaksi transesterifikasi pada penelitian ini. Minyak biji alpukat didapatkan dari proses ekstrasi yaitu biji alpukat direaksikan dengan larutan n-heksana.

2. Metanol

   Alkohol yang digunakan dalam penelitian ini adalah metanol. Metanol yang digunakan sebesar 20% dari 250 ml volume minyak biji alpukat. Metanol ini akan direaksikan dengan potasium hidroksida (KOH) sehingga terbentuk potasium metoksida yang selanjutnya akan direaksikan dengan minyak biji alpukat yang telah dikondisikan pada temperatur tertentu.

3. Potasium hidroksida (KOH)

   Katalis yang digunakan adalah potasium hidroksida. Potasium hidroksida yang digunakan sebesar 0,5%; 0,75% dan 1% . Potasium hidroksida berfungsi untuk mempercepat reaksi transesterifikasi.

4. Air

   Air digunakan sebagai pendingin cairan yang menguap pada reaksi transesterifikasi dalam refluks, sehingga cairan tersebut dapat kembali bereaksi pada labu bundar dan sebagai pendingin pada proses destilasi untuk pemurnian biodiesel.

### 3.3.2 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

A. Peralatan untuk proses transesterifikasi

1. Refluks

   Refluks adalah alat yang digunakan untuk melakukan reaksi transesterifikasi. Refluks merupakan susunan alat-alat yaitu:

   - Labu bundar

     Labu bundar berfungsi sebagai tempat untuk mereaksikan minyak biji alpukat, metanol dan katalis potasium hidroksida (KOH). Labu bundar ini memiliki kapasitas 500ml.

- Pemanas

  Pemanas berfungsi untuk memanaskan labu bundar. Pemanas ini memiliki *thermometer controller* sehingga dapat dikondisikan pada temperatur tertentu. Pemanas ini memiliki kapasitas suhu sampai 150°C.
- Kondensor refluks

  Kondensor refluks berfungsi mendinginkan cairan metanol dan minyak biji alpukat yang menguap dari labu bundar sehingga cairan tersebut dapat bereaksi kembali.
- Pengaduk

  Pengaduk ini digerakkan oleh motor yang memiliki putaran sampai 2000 rpm. Pengaduk ini dikondisikan pada putaran 500 rpm. Pengaduk ini berfungsi untuk meratakan reaksi sehingga metanol dan minyak biji alpukat dapat bereaksi secara menyeluruh pada labu bundar.

2. Alat destilasi

   Alat ini berfungsi untuk menguapkan air sisa metanol dari biodiesel murni. Destilasi ini terdiri dari susunan alat-alat yaitu:
   - Tabung Erlenmeyer digunakan sebagai tempat untuk memanaskan biodiesel.
   - Tabung bundar digunakan sebagai tempat untuk menampung destilat hasil penguapan dari tabung Erlenmeyer yang telah didinginkan.
   - *Hot plate* berfungsi untuk memanaskan biodiesel pada tabung Erlenmeyer. *Hot plate* ini memiliki kapasitas sampai 320°C.
   - Kondensor destilasi berfungsi untuk menyerap panas dari biodiesel yang menguap sehingga berubah fase menjadi cair (destilat).

3. *Stop watch*

   *Stop watch* ini berfungsi untuk mengukur lama reaksi. Lama reaksi diukur sejak metanol dan potasium hidroksida dimasukkan ke labu bundar yang berisi minyak biji alpukat yang telah mencapai temperatur yang ditentukan. Waktu reaksi adalah 60 menit.

4. Gelas ukur

   Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume minyak biji alpukat, metanol serta biodiesel yang dihasilkan.

5. Timbangan digital

   Timbangan digital digunakan untuk mengukur berat minyak biji alpukat pada volume tertentu dan berat katalis potasium hidroksida.

6. Corong pemisah

   Corong pemisah berfungsi untuk memisahkan hasil dari proses transesterifikasi antara biodiesel dan gliserol.

7. *Thermometer*

   *Thermometer* berfungsi untuk mengetahui temperatur pada saat transesterifikasi dan destilasi.

B. Peralatan untuk mengukur sifat fisik biodiesel

1. *Density/Specific Gravity Meter* (Alat uji massa jenis)

Gambar 3.1 *Density/Specific Gravity Meter DA 500*
Sumber : Lab. Unit Pelumas Pertamina Surabaya

2. *Automatic Viscosity System* (Alat uji viskositas)

Gambar 3.2 *Automatic Viscosity System, S Flow 3000 IV*
Sumber : Lab. Unit Pelumas Pertamina Surabaya

3. *Flash Point* (Alat uji titik nyala)

Gambar 3.3 *Flash Point COC* (*Cleveland Open Cup*)
Sumber : Lab. Unit Pelumas Pertamina Surabaya

4. *Bomb Calorimeter* (Alat uji nilai kalor)

Gambar 3.4 *Bomb Calorimeter*
Sumber : Lab. Motor Bakar Universitas Brawijaya

5. *Pour Point Refrigeration Unit* (Alat Uji Titik Tuang)

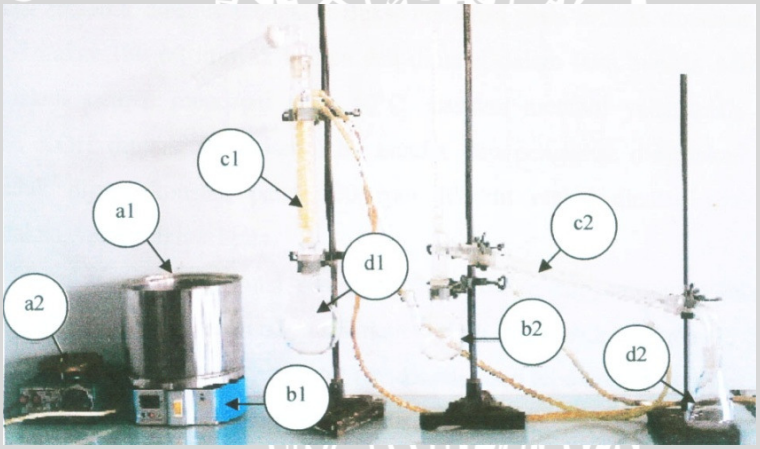
Gambar 3.5 *Pour Point Refrigeration Unit*
Sumber : Lab. Unit Pelumas Pertamina Surabaya

6. *Distilatio Apparatus* (Alat Uji Destilasi)

Gambar 3.6 *Distilatio Apparatus, ASTM D 86-05*
Sumber : Lab. Unit Pelumas Pertamina Surabaya

### 3.4 Instalasi Penelitian

Instalasi penelitian pada reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut ini.




Gambar 3.7 Instalasi Penelitian Transesterifikasi

Keterangan gambar:

a) Refluks: a1. Oil bath
b1. Pemanas
c1. Kondensor refluks
d1. Labu bundar

b) Destilasi: a2. Hot plate
b2. Labu bundar
c2. Kondensor destilasi
d2. Tabung Erlenmeyer

### 3.5 Tempat Penelitian

1. Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya Malang untuk mengukur nilai kalor.
2. Laboratorium Kimia Politeknik Negeri Malang untuk melakukan ekstrasi biji alpukat.
3. Laboratorium Kimia Universitas Negeri Malang untuk melakukan proses transesterifikasi minyak biji alpukat.
4. Laboratorium Unit Pelumas Pertamina Surabaya untuk mengukur sifat fisik biodiesel yaitu massa jenis, viskositas, titik nyala api, titik tuang dan indeks setana.

### 3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi:

1. Menyiapkan instalasi penelitian dan bahan-bahan yang digunakan untuk proses transesterifikasi.
2. Pengecekan kondisi alat seperti pemanas, pengaduk dan alat ukur meliputi *thermometer*, *stop watch*, timbangan digital dan gelas ukur.

Pelaksanaan percobaan:

Prosedur transesterifikasi di atas dilakukan pada temperatur 40°C dengan variasi persentase potasium hidroksida 0,5%; 0,75% dan 1%. Kemudian dilanjutkan dengan variasi temperatur yang lain (50°C, 60°C, 70°C dan 80°C) pada persentase potasium hidroksida 0,5%; 0,75% dan 1%.

Pada penelitian dengan variasi persentase potasium hidroksida 0,5% dari massa minyak biji alpukat kemudian direaksikan terhadap 50 ml metanol pada temperatur kamar. Hasil reaksi tersebut yaitu potasium metoksida akan digunakan untuk melakukan reaksi transesterifikasi dengan 250 ml minyak biji alpukat.

Reaksi transesterifikasi dilakukan pada labu leher tiga dengan kapasitas 500 ml yang dilengkapi dengan pemanas listrik, *thermometer* dan pengaduk. Instalasi tersebut disebut sebagai refluks. Pemanas pada refluks dipasang pada temperatur 40°C. Ditakar 250 ml minyak biji alpukat dan dituang dalam labu bundar. Minyak biji alpukat dipanaskan sampai mencapai temperatur 40°C. Larutan metanol yang telah direaksikan dengan potasium hidroksida (KOH) dituang ke dalam labu bundar dan pengaduk dinyalakan. Kecepatan pengaduk

dijaga konstan pada 500 rpm. Waktu reaksi dicatat sejak pengaduk dinyalakan, yaitu selama 60 menit.

Setelah reaksi berjalan 60 menit, pengadukan dihentikan, campuran yang terbentuk dituang dalam corong pemisah, dibiarkan terjadi pemisahan selama 30 menit pada temperatur kamar. Lapisan metil ester (biodiesel) yang terbentuk dipisahkan dari lapisan gliserol. Untuk menghilangkan sisa katalis dan gliserol dilakukan pencucian dengan menggunakan air dengan perbandingan 1:2 antara air dan biodiesel sebanyak satu kali. Sedangkan untuk menghilangkan sisa metanol dilakukan destilasi sampai suhu 100°C selama 30 menit.

Biodiesel yang didapatkan dari transesterifikasi pada masing-masing variasi temperatur dan katalis potasium hidroksida diukur sifat fisiknya meliputi massa jenis, viskositas, nilai kalor, titik nyala api, titik tuang dan indeks setana. Data yang diperoleh kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik dan analisa.

## 3.7 Rencana Pengolahan Data dan Analisis Data

### 3.7.1 Rencana Pengolahan Data

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengambilan data dengan variabel bebas temperatur pada tiap-tiap variasi katalis KOH. Dalam bentuk tabel dapat dilihat seperti tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Contoh pengambilan data transesterifikasi minyak biji alpukat dengan katalis KOH 0,5%

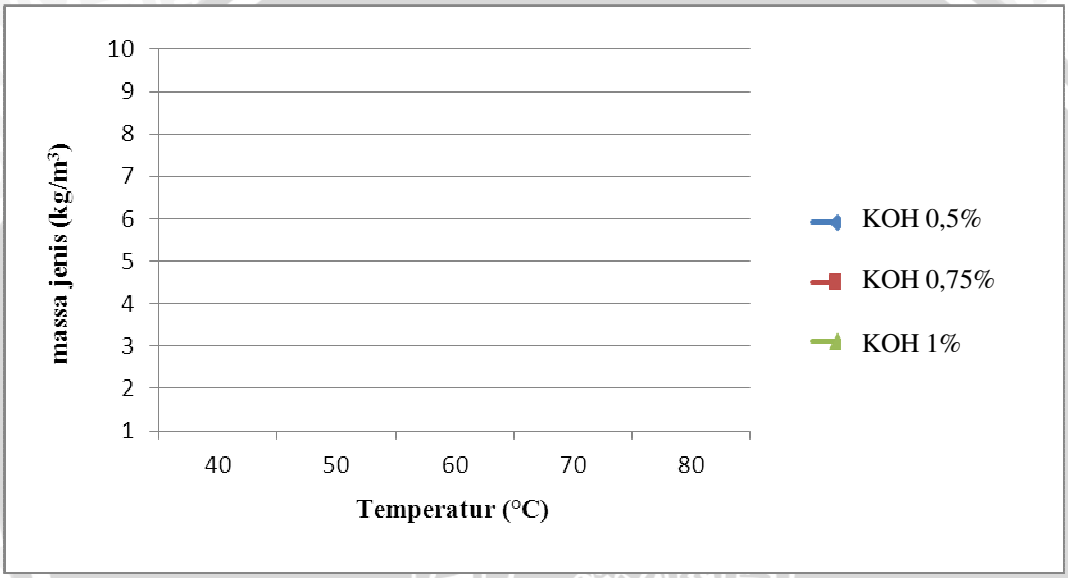
| Suhu (°C) | Massa jenis ($kg/m^3$) | Viskositas ($mm^2/s$) | Titik nyala (°C) | Nilai kalor (kal/g) | Pour Point (°C) | Indeks setana |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | | | | | | |
| 50 | | | | | | |
| 60 | | | | | | |
| 70 | | | | | | |
| 80 | | | | | | |

Untuk katalis potasium hidroksida (KOH) yang lain yaitu 0,75% dan 1% akan dilakukan pengambilan data seperti pada tabel 3.1.

Data tersebut akan diolah dan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 3.8 sehingga mempermudah dalam mengamati

pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Adapun rencana grafik yang akan dibuat sebagai berikut ini:

1. Grafik hubungan antara temperatur terhadap massa jenis dan katalis KOH.
2. Grafik hubungan antara temperatur terhadap viskositas dan katalis KOH.
3. Grafik hubungan antara temperatur terhadap titik nyala dan katalis KOH.
4. Grafik hubungan antara temperatur terhadap nilai kalor dan katalis KOH.
5. Grafik hubungan antara temperatur terhadap titik tuang dan katalis KOH.
6. Grafik hubungan antara temperatur terhadap indeks setana dan katalis KOH.




Gambar 3.8 Grafik hubungan antara temperatur terhadap massa jenis dan katalis KOH

### 3.7.2 Analisis Statistik

Untuk mengolah data yang telah diperoleh dipergunakan analisis varian dua arah. Dengan analisis varian dua arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh dari variasi temperatur (faktor A) dan pengaruh variasi katalis KOH (faktor B) serta pengaruh interaksi keduanya (faktor AB) terhadap sifat fisik biodiesel pada transesterifikasi minyak biji alpukat.

Faktor A mempunyai level $A_1$, $A_2$,.....,$A_r$ dan faktor B mempunyai level $B_1$, $B_2$,.....,$B_c$. Jika jumlah pengamatan tiap sel adalah t kali dari rancangan dua kategori A dan B serta masing-masing kategori terdiri atas r dan c level. Bila pengaruh interaksi antar faktor A pada level ke i dan faktor B

pada level ke j dinyatakan dengan $(\alpha\beta)_{ij}$. Maka nilai setiap pengamatan ditulis dengan model matematika sebagai berikut:

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

dengan:

$Y_{ijk}$ : nilai setiap pengamatan

$\mu$ : nilai rata-rata dari seluruh pengamatan

$\alpha_i$ : pengarah faktor temperatur ke i

$\beta_j$ : pengaruh faktor katalis KOH ke j

$(\alpha\beta)_{ij}$ : pengaruh interaksi faktor temperatur ke i dan faktor katalis KOH ke j

$\varepsilon_{ijk}$ : simpangan pengamatan

Yang akan diuji dari pengamatan ini adalah:

1. $\alpha$ : pengaruh (efek) dari faktor temperatur
2. $\beta$ : pengaruh (efek) dari faktor katalis KOH
3. $\alpha\beta$ : pengaruh interaksi dari faktor temperatur dan faktor katalis KOH

Adapun hipotesis yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

1. $H_0^1$: $\alpha_1 = \alpha_2 = .....= \alpha_i$ (tidak ada pengaruh variasi temperatur terhadap sifat fisik biodiesel)

   $H_1^1$: paling sedikit satu $\alpha i \neq 0$ (ada pengaruh variasi temperatur terhadap sifat fisik biodiesel)
2. $H_0^2$: $\beta_1 = \beta_2 =....= \beta_j$ (tidak ada pengaruh variasi katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel)

   $H_1^2$ : paling sedikit satu $\beta_j \neq 0$ (ada pengaruh variasi katalis KOH terhadap konversi biodiesel)
3. $H_0^3$: $(\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} =.... = (\alpha\beta)_{ij}$ (tidak ada pengaruh variasi temperatur dan variasi katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel)

   $H_1^3$ : paling sedikit satu $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$ (ada pengaruh variasi temperatur dan variasi katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel)

Tabel 3.2 Rancangan pengamatan model dua arah dengan pengulangan

| Faktor | | Katalis KOH | | | | | S baris | Rata-rata |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $B_1$ | ... | $B_j$ | ... | $B_c$ | | |
| Temperatur | $A_1$ | $X_{111}$ | | $X_{1j1}$ | | $X_{1c1}$ | $T_1$ | $\bar{X}$ |
| | | $X_{112}$ | | $X_{1j2}$ | | $X_{1c2}$ | | |
| | | ... | | ... | | ... | | |
| | | $X_{11t}$ | | $X_{1jt}$ | | $X_{1ct}$ | | |
| | | | | | | | | |
| | $A_i$ | $X_{i11}$ | | $X_{ij1}$ | | $X_{ict}$ | $T_{i..}$ | $\bar{X}$ |
| | | $X_{i12}$ | | $X_{ij2}$ | | $X_{ic2}$ | | |
| | | ... | | ... | | ... | | |
| | | $X_{i1t}$ | | $X_{ijt}$ | | $X_{ict}$ | | |
| | | | | | | | | |
| | $A_r$ | $X_{r11}$ | | $X_{rj1}$ | | $X_{rc1}$ | $T_{r..}$ | $\bar{X}$ |
| | | $X_{r12}$ | | $X_{rj2}$ | | $X_{rc2}$ | | |
| | | ... | | ... | | ... | | |
| | | $X_{r1t}$ | | $X_{rjt}$ | | $X_{rct}$ | | |
| S kolom | | $T_{.1.}$ | | $T_{.j.}$ | | $T.c.$ | $T...$ | |
| Rata-rata | | $\bar{X}$ | | $\bar{X}$ | | $\bar{X}$ | | $\bar{X}$ |

Sumber : Slamet Wahyudi, 2006 : 96

Dalam perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} \sum_{k=1}^{t} X_{ijk}^{\ 2} - \frac{(T...)^2}{rct}$$

2. Jumlah kuadrat faktor A (JKA)

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^{r} T_{i..}^{\ 2}}{ct} - \frac{(T...)^2}{rct}$$

3. Jumlah kuadrat faktor B (JKB)

$$JKB = \frac{\sum_{j=1}^{c} T_{.j.}^{\ 2}}{rt} - \frac{(T...)^2}{rct}$$

4. Jumlah pengaruh interaksi faktor A dan faktor B (JKAB)

$$JKP = \frac{\sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} T_{ij.}^{\ 2}}{t} - \frac{(T...)^2}{rct} \longrightarrow \text{JKAB = JKP – JKA – JKB}$$

5. Jumlah kuadrat galat (JKG)

JKG = JKT – JKP = JKT – JKA – JKB – JKAB

Apabila masing-masing suku dibagi dengan derajat bebasnya, akan diperoleh nilai varian dari masing-masing suku tersebut. Nilai ini sering disebut dengan kuadrat tengah yang disingkat KT. Nilai varian tersebut adalah:

1. Kuadrat tengah faktor A (KTA)

$$KTA = \frac{JKA}{(r-1)}$$

2. Kuadrat tengah faktor B (KTB)

$$KTB = \frac{JKB}{(c-1)}$$

3. Kuadrat tengah interaksi faktor A dan faktor B (KTAB)

$$KTAB = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)}$$

4. Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{rc(t-1)}$$

Untuk menguji ketiga hipotesis diatas kita mencari harga $F_{hitung}$ masing-masing sumber keragaman (faktor temperatur, faktor katalis KOH dan interaksi faktor temperatur dan faktor katalis KOH). Kemudian hasilnya dibandingkan dengan $F_{tabel}$ pada derajat bebas dengan nilai α tertentu. Nilai $F_{hitung}$ dari masing-masing sumber keragaman adalah sebagai berikut:

1. $F_{hitung}$ dari faktor temperatur

$$F_1 = \frac{KTA}{KTG}$$

2. $F_{hitung}$ dari faktor katalis KOH

$$F_2 = \frac{KTB}{KTG}$$

3. $F_{hitung}$ dari interaksi faktor temperatur dan katalis KOH

$$F_3 = \frac{KTAB}{KTG}$$

Tabel 3.3 Analisis varian

| Sumber Varian | JK | Db | KT | $F_{hitung}$ | Fα |
|---|---|---|---|---|---|
| Antar A | JKA | $db_1$ = r-1 | KTA | $F_1$ | |
| Antar B | JKB | $db_2$ = c-1 | KTB | $F_2$ | |
| Interaksi AB | JKAB | $db_3 = db_1.db_2$ | KTAB | $F_3$ | |
| Galat | JKG | $db_4$ = rc(t-1) | KTG | | |
| Total | JKT | rct -1 | | | |
| Total | JKT | rct -1 | | | |

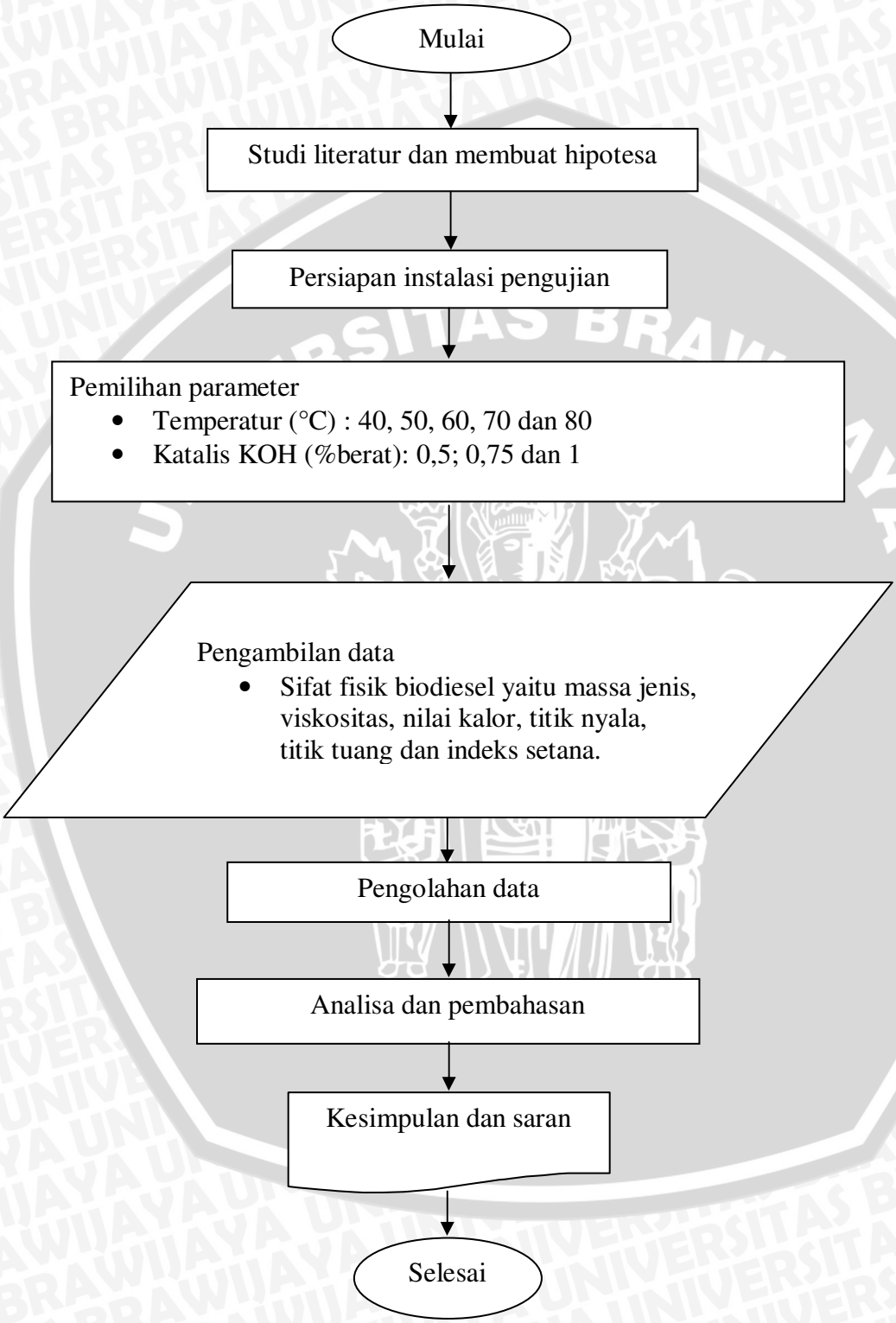
Sumber: Slamet Wahyudi, 2006 : 98

Kesimpulan yang diperoleh:

1. Bila $FA_{hitung} > FA_{tabel}$ maka $H_0^1$ ditolak dan $H_1^1$ diterima, ini menyatakan bahwa variasi temperatur berpengaruh terhadap sifat fisik biodiesel pada transesterifikasi minyak biji alpukat.
2. Bila $FB_{hitung} > FB_{tabel}$ maka $H_0^2$ ditolak dan $H_1^2$ diterima, ini menyatakan bahwa katalis KOH berpengaruh terhadap sifat fisik biodiesel pada transesterifikasi minyak biji alpukat.
3. Bila $FAB_{hitung} > FAB_{tabel}$, maka $H_0^3$ ditolak dan $H_1^3$ diterima, ini menyatakan bahwa variasi temperatur dan katalis KOH berpengaruh terhadap sifat fisik biodiesel pada transesterifikasi minyak biji alpukat.

### 3.8 Diagram Alir Penelitian

Untuk memudahkan dalam melakukan penelitian maka dibuat diagram alir penelitian seperti ditunjukkan pada gambar 3.9 berikut:




Gambar 3.9 Diagram alir penelitian

# BAB IV
# ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian pengaruh temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat dan katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel. Diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data massa jenis biodiesel (kg/m$^3$)

| Variabel | | Katalis KOH | | | ∑ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,5% | 0,75% | 1% | |
| Temperatur (°C) | 40 | 883,5 | 884,4 | 886 | 5305.4 |
| | | 883,3 | 884,2 | 884 | |
| | 50 | 876 | 879,3 | 884 | 5276.2 |
| | | 875,8 | 879,1 | 882 | |
| | 60 | 871,5 | 871,6 | 881 | 5245.8 |
| | | 871,3 | 871,4 | 879 | |
| | 70 | 865,2 | 870,3 | 883 | 5234.6 |
| | | 865 | 870,1 | 881 | |
| | 80 | 878,2 | 883,3 | 884 | 5288.6 |
| | | 878 | 883,1 | 882 | |
| ∑ | | 8747,8 | 8776,8 | 8826 | 26350.6 |

Tabel 4.2 Data Viskositas Biodiesel (mm/s)

| Variabel | | Katalis KOH | | | ∑ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,5% | 0,75% | 1% | |
| Temperatur (°C) | 40 | 4,8456 | 5,2586 | 5,1171 | 30,442 |
| | | 4,8454 | 5,2584 | 5,1169 | |
| | 50 | 4,9196 | 5,3911 | 5,1541 | 30,929 |
| | | 4,9194 | 5,3909 | 5,1539 | |
| | 60 | 5,1022 | 5,3756 | 5,2821 | 31,5192 |
| | | 5,1020 | 5,3754 | 5,2819 | |
| | 70 | 5,2551 | 5,4577 | 5,1561 | 31,7372 |
| | | 5,2549 | 5,4575 | 5,1559 | |
| | 80 | 4,9774 | 5,2321 | 5,121 | 30,1586 |
| | | 4,9772 | 5,2319 | 5,119 | |
| ∑ | | 49,6988 | 53,4292 | 51,658 | 154,786 |

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 4.3 Data Titik Nyala Biodiesel (°C)

| Variabel | | Katalis KOH | | | ∑ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,5% | 0,75% | 1% | |
| Temperatur (°C) | 40 | 175 | 171 | 172 | 1031 |
| | | 174 | 171 | 168 | |
| | 50 | 174 | 170 | 167 | 1020 |
| | | 174 | 168 | 167 | |
| | 60 | 172 | 168 | 166 | 1008 |
| | | 168 | 168 | 166 | |
| | 70 | 173 | 172 | 170 | 1022 |
| | | 171 | 168 | 168 | |
| | 80 | 176 | 172 | 172 | 1034 |
| | | 172 | 170 | 172 | |
| ∑ | | 1729 | 1698 | 1688 | 5115 |

Tabel 4.4 Data Nilai Kalor Biodiesel (kalori/gram)

| Variabel | | Katalis KOH | | | ∑ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,5% | 0,75% | 1% | |
| Temperatur (°C) | 40 | 9678,24 | 9554,67 | 9548,92 | 56761,66 |
| | | 9376,02 | 9299,03 | 9304,78 | |
| | 50 | 9521,32 | 9475,21 | 9200,12 | 55900,8 |
| | | 9387,22 | 9160,61 | 9156,32 | |
| | 60 | 10256,45 | 9995,64 | 9999,34 | 59949,72 |
| | | 9980,17 | 9760,62 | 9957,50 | |
| | 70 | 10114,49 | 10132,35 | 10797,27 | 61180,98 |
| | | 9884,49 | 9957,97 | 10294,41 | |
| | 80 | 11475,40 | 11134,58 | 11675,54 | 66829,84 |
| | | 10376,34 | 10978,40 | 11189,58 | |
| ∑ | | 100050,14 | 99449,08 | 101123,78 | 300623 |

Tabel 4.5 Data Titik Tuang Biodiesel (°C)

| Variabel | | Katalis KOH | | | ∑ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,5% | 0,75% | 1% | |
| Temperatur (°C) | 40 | 8 | 10 | 11 | 54 |
| | | 8 | 8 | 9 | |
| | 50 | 8 | 8 | 9 | 46 |
| | | 6 | 8 | 7 | |
| | 60 | 6 | 6 | 8 | 40 |
| | | 6 | 6 | 8 | |
| | 70 | 7 | 6 | 7 | 38 |
| | | 5 | 6 | 7 | |
| | 80 | 4 | 6 | 7 | 32 |
| | | 4 | 4 | 7 | |
| ∑ | | 62 | 68 | 80 | 210 |

Tabel 4.6 Data Indeks Setana Biodiesel

| Variabel | | Katalis KOH | | | □ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,5% | 0,75% | 1% | |
| Temperatur (°C) | 40 | 43,69 | 44,18 | 45,54 | 266,66 |
| | | 43,65 | 44,14 | 45,46 | |
| | 50 | 44,82 | 45,77 | 47,57 | 276,18 |
| | | 44,76 | 45,71 | 47,55 | |
| | 60 | 46,08 | 47,94 | 47,81 | 283,61 |
| | | 46,07 | 47,92 | 47,79 | |
| | 70 | 47,57 | 47,98 | 47,86 | 286,7 |
| | | 47,53 | 47,94 | 47,82 | |
| | 80 | 44,99 | 47,55 | 47,99 | 280,92 |
| | | 44,91 | 47,51 | 47,97 | |
| □ | | 454,07 | 466,64 | 473,36 | 1394,07 |

## 4.2 Analisis Statistik

Hasil data pengujian pengaruh temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat dan katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel tersebut kemudian dilakukan analisis statistik dengan menggunakan analisis varian dua arah. Dengan analisa varian dua arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh temperatur, katalis KOH dan interaksi keduanya terhadap sifat fisik biodiesel. Hipotesis yang digunakan dalam analisis statistik ini adalah:

I. $H_0^1$: $\alpha_1 = \alpha_2 = .....= \alpha_i$ (tidak ada pengaruh variasi temperatur terhadap sifat fisik biodiesel)

$H_1^1$: paling sedikit satu $\alpha i \neq 0$ (ada pengaruh variasi temperatur terhadap sifat fisik biodiesel)

II. $H_0^2$: $\beta_1 = \beta_2 =....= \beta_j$ (tidak ada pengaruh katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel)

$H_1^2$ : paling sedikit satu $\beta_j \neq 0$ (ada pengaruh katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel)

III. $H_0^3$: $(\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} =.... = (\alpha\beta)_{ij}$ (tidak ada pengaruh variasi temperatur dan katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel)

$H_1^3$ : paling sedikit satu $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$ (ada pengaruh variasi temperatur dan katalis KOH terhadap sifat fisik biodiesel)

### 4.2.1 Analisis Varian Massa Jenis Biodiesel

Analisis varian massa jenis biodiesel bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur, katalis KOH dan interaksi keduanya terhadap massa jenis biodiesel yang didapatkan dari transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari tabel 4.1 dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan statistik sehingga diperoleh data sebagai berikut:

- Faktor koreksi (FK) :

$$FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c}\sum_{k=1}^{n} Y_{ijk}\right]^2}{rcn}$$

$$= \frac{(26350.6)^2}{(5x3x2)}$$

$$= 23145137,35$$

- Jumlah Kuadrat Total (JKT) :

$$JKT = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c}\sum_{k=1}^{n} Y_{ijk}^2 - FK$$

$$= [(883,5)^2 + (883,3)^2 + \ldots\ldots + (882)^2] - 23145137,35$$

$$= 23146211,42 - 23145137,35$$

$$= 1074,08$$

- Jumlah Kuadrat pengaruh A (JKA) :

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^{r} T_{i}\ldots^2}{cn} - FK$$

$$= \frac{\{(5305,4)^2 + (5276,2)^2 + (5245,8)^2 + (5234,6)^2 + (5288,6)^2\}}{(3x2)} - 23145137,35$$

$$= 23145716,73 - 23145137,35$$

$$= 579,38$$

- Jumlah Kuadrat pengaruh B (JKB) :

$$JKB = \frac{\sum_{i=1}^{c} T_{j}\ldots^2}{rn} - FK$$

$$= \frac{\left\{(8747{,}8)^2 + (8776{,}8)^2 + (8826)^2\right\}}{(5x2)} - 23145137{,}35$$

$$= 23145449{,}91 - 23145137{,}35$$

$$= 312{,}56$$

- Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) :

$$\text{JKP} = \frac{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c} T_{ij}^{\,2}}{n} - \text{FK}$$

$$= \frac{\left\{(1766{,}8)^2 + (1768{,}6)^2 + (1770)^2 + \ldots\ldots\ldots + (1766)^2\right\}}{2} - 23145137{,}35$$

$$= 23146201{,}22 - 23145137{,}35$$

$$= 1063{,}93$$

- Jumlah Kuadrat pengaruh interaksi A dan B (JKAB) :

$$\text{JKAB} = \text{JKP} - \text{JKA} - \text{JKB}$$

$$= 1063{,}93 - 579{,}38 - 312{,}56$$

$$= 171{,}93$$

- Jumlah Kuadrat Galat (JKG) :

$$\text{JKG} = \text{JKT} - \text{JKA} - \text{JKB} - \text{JKAB}$$

$$= 1074{,}08 - 579{,}38 - 312{,}56 - 171{,}93$$

$$= 10{,}2$$

- Nilai varian dari masing-masing perlakuan sebagai berikut :

1. $S_A^{\,2} = \frac{JKA}{r-1} = \frac{579{,}38}{5-1} = 144{,}85$

2. $S_B^{\,2} = \frac{JKB}{c-1} = \frac{312{,}56}{3-1} = 156{,}28$

3. $S_{AB}^{\,2} = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)} = \frac{171{,}93}{(5-1)(3-1)} = 85{,}97$

4. $S^2 = \frac{JKG}{r\,c\,(n-1)} = \frac{10{,}2}{5\times 3(2-1)} = 0.68$

- Nilai F hitung dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut:

1. Untuk faktor A :

$$F_{A\ \text{hitung}} = \frac{S_A^{\,2}}{S^2} = \frac{144{,}85}{0{,}68} = 213{,}01$$

2. Untuk faktor B :

$$F_{B\ hitung} = \frac{S_B^{\ 2}}{S^2} = \frac{156,28}{0.68} = 229,83$$

3. Untuk faktor AB :

$$F_{AB\ hitung} = \frac{S_{AB}^{\ 2}}{S^2} = \frac{85,97}{0.68} = 126,42$$

Dari perhitungan statistik didapatkan tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Analisis varian dua arah untuk massa jenis biodiesel

| Sumber keragaman | JK | db | KT | Fhitung | Ftabel |
|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur (faktor A) | 579,38 | 4 | 144,85 | 213,01 | 3,06 |
| Katalis KOH (faktor B) | 312,56 | 2 | 156,28 | 229,83 | 3,68 |
| Interaksi faktor A dan B | 171,93 | 8 | 85,97 | 126,42 | 2,64 |
| Galat | 10,2 | 15 | 0,68 | | |
| Total | 1074,07 | 29 | | | |

Dari tabel 4.7 diatas, dapat diperoleh kesimpulan:

I. $F_{A\ hitung} > F_{A\ tabel}$ maka $H_0^1$ ditolak dan $H_1^1$ diterima, ini berarti bahwa temperatur berpengaruh terhadap massa jenis biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

II. $F_{B\ hitung} > F_{B\ tabel}$ maka $H_0^2$ ditolak dan $H_1^2$ diterima, ini berarti bahwa katalis KOH berpengaruh terhadap massa jenis biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

III. $F_{AB\ hitung} > F_{AB\ tabel}$ Maka $H_0^3$ ditolak dan $H_1^3$ diterima, ini berarti bahwa interaksi antara temperatur dan katalis KOH berpengaruh terhadap massa jenis biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari kesimpulan diatas terlihat bahwa temperatur, katalis KOH dan interaksi antara temperatur dan katalis KOH mempunyai pengaruh yang nyata terhadap massa jenis biodiesel dengan tingkat keyakinan 95%.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

### 4.2.2 Analisis Varian Viskositas Biodiesel

Analisis varian viskositas biodiesel bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur, katalis KOH dan interaksi keduanya terhadap viskositas biodiesel yang didapatkan dari transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari perhitungan statistik seperti contoh sebelumnya didapatkan tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.8 Analisis varian dua arah untuk viskositas biodiesel

| Sumber keragaman | JK | db | KT | Fhitung | Ftabel |
|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur (faktor A) | 0,3047 | 4 | 0,0762 | 9,1337 | 3,06 |
| Katalis KOH (faktor B) | 0,6964 | 2 | 0,3482 | 41,7488 | 3,68 |
| Interaksi faktor A dan B | 0,1548 | 8 | 0,0774 | 9,2861 | 2,64 |
| Galat | 0,1251 | 15 | 0,0083 | | |
| Total | 1,2810 | 29 | | | |

Dari tabel 4.8 diatas, dapat diperoleh kesimpulan:

I. $F_{A\ hitung} > F_{A\ tabel}$ maka $H_0^1$ ditolak dan $H_1^1$ diterima, ini berarti bahwa temperatur berpengaruh terhadap viskositas biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

II. $F_{B\ hitung} > F_{B\ tabel}$ maka $H_0^2$ ditolak dan $H_1^2$ diterima, ini berarti bahwa katalis KOH berpengaruh terhadap viskositas biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

III. $F_{AB\ hitung} > F_{AB\ tabel}$ Maka $H_0^3$ ditolak dan $H_1^3$ diterima, ini berarti bahwa interaksi antara temperatur dan katalis KOH berpengaruh terhadap viskositas biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari kesimpulan diatas terlihat bahwa temperatur, katalis KOH dan interaksi antara temperatur dan katalis KOH mempunyai pengaruh yang nyata terhadap viskositas biodiesel dengan tingkat keyakinan 95%.

### 4.2.3 Analisis Varian Titik Nyala Biodiesel

Analisis varian titik nyala biodiesel bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur, katalis KOH dan interaksi keduanya terhadap titik nyala biodiesel yang didapatkan dari transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari perhitungan statistik seperti contoh sebelumnya didapatkan tabel 4.9 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Analisis varian dua arah untuk titik nyala biodiesel

| Sumber keragaman | JK | db | KT | Fhitung | Ftabel |
|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur (faktor A) | 70 | 4 | 17,5 | 6,48 | 3,06 |
| Katalis KOH (faktor B) | 91,4 | 2 | 45,7 | 16,93 | 3,68 |
| Interaksi faktor A dan B | 17,6 | 8 | 8,8 | 3,26 | 2,64 |
| Galat | 40,5 | 15 | 2,7 | | |
| Total | 219,5 | 29 | | | |

Dari tabel 4.9 diatas, dapat diperoleh kesimpulan:

I. $F_{A\ hitung} > F_{A\ tabel}$ maka $H_0^1$ ditolak dan $H_1^1$ diterima, ini berarti bahwa temperatur berpengaruh terhadap titik nyala biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

II. $F_{B\ hitung} > F_{B\ tabel}$ maka $H_0^2$ ditolak dan $H_1^2$ diterima, ini berarti bahwa katalis KOH berpengaruh terhadap titik nyala biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

III. $F_{AB\ hitung} > F_{AB\ tabel}$ Maka $H_0^3$ ditolak dan $H_1^3$ diterima, ini berarti bahwa interaksi antara temperatur dan katalis KOH berpengaruh terhadap titik nyala biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari kesimpulan diatas terlihat bahwa temperatur, katalis KOH dan interaksi antara temperatur dan katalis KOH mempunyai pengaruh yang nyata terhadap titik nyala biodiesel dengan tingkat keyakinan 95%.

### 4.2.4 Analisis Varian Nilai Kalor Biodiesel

Analisis varian nilai kalor biodiesel bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur, katalis KOH dan interaksi keduanya terhadap nilai kalor biodiesel yang didapatkan dari transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari perhitungan statistik seperti contoh sebelumnya didapatkan tabel 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Analisis varian dua arah untuk nilai kalor biodiesel

| Sumber keragaman | JK | db | KT | Fhitung | Ftabel |
|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur (faktor A) | 12542769,51 | 4 | 3135692,38 | 41,38 | 3,06 |
| Katalis KOH (faktor B) | 143953,20 | 2 | 71976,60 | 0,95 | 3,68 |
| Interaksi faktor A dan B | 648197,70 | 8 | 324098,85 | 4,28 | 2,64 |
| Galat | 1136570,94 | 15 | 75771,36 | | |
| Total | 14471491,35 | 29 | | | |

Dari tabel 4.10 diatas, dapat diperoleh kesimpulan:

I. $F_{A\ hitung} > F_{A\ tabel}$ maka $H_0^1$ ditolak dan $H_1^1$ diterima, ini berarti bahwa temperatur berpengaruh terhadap nilai kalor biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

II. $F_{B\ hitung} < F_{B\ tabel}$ maka $H_0^2$ diterima dan $H_1^2$ ditolak, ini berarti bahwa katalis KOH tidak berpengaruh secara nyata terhadap nilai kalor biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji aplukat.

III. $F_{AB\ hitung} > F_{AB\ tabel}$ Maka $H_0^3$ ditolak dan $H_1^3$ diterima, ini berarti bahwa interaksi antara temperatur dan katalis KOH berpengaruh terhadap nilai kalor biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari kesimpulan diatas terlihat bahwa temperatur dan interaksi antara temperatur dan katalis KOH mempunyai pengaruh yang nyata terhadap nilai kalor dengan tingkat keyakinan 95%.

### 4.2.5 Analisis Varian Titik Tuang Biodiesel

Analisis varian titik tuang biodiesel bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur, katalis KOH dan interaksi keduanya terhadap titik tuang biodiesel yang didapatkan dari transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari perhitungan statistik seperti contoh sebelumnya didapatkan tabel 4.11 sebagai berikut:

Tabel 4.11 Analisis varian dua arah untuk titik tuang biodiesel

| Sumber keragaman | JK | db | KT | Fhitung | Ftabel |
|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur (faktor A) | 46,67 | 4 | 11,67 | 14,58 | 3,06 |
| Katalis KOH (faktor B) | 16,8 | 2 | 8,4 | 10,5 | 3,68 |
| Interaksi faktor A dan B | 4,53 | 8 | 2,27 | 2,83 | 2,64 |
| Galat | 12 | 15 | 0,8 | | |
| Total | 80 | 29 | | | |

Dari tabel 4.11 diatas, dapat diperoleh kesimpulan:

I. $F_{A\ hitung} > F_{A\ tabel}$ maka $H_0^1$ ditolak dan $H_1^1$ diterima, ini berarti bahwa temperatur berpengaruh terhadap titik tuang biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

II. $F_{B\ hitung} > F_{B\ tabel}$ maka $H_0^2$ ditolak dan $H_1^2$ diterima, ini berarti bahwa katalis KOH berpengaruh terhadap titik tuang biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

III. $F_{AB\ hitung} > F_{AB\ tabel}$ Maka $H_0^3$ ditolak dan $H_1^3$ diterima, ini berarti bahwa interaksi antara temperatur dan katalis KOH berpengaruh terhadap titik tuang biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari kesimpulan diatas terlihat bahwa temperatur, katalis KOH dan interaksi antara temperatur dan katalis KOH mempunyai pengaruh yang nyata terhadap titik tuang biodiesel dengan tingkat keyakinan 95%.

### 4.2.6 Analisis Varian Indeks Setana Biodiesel

Analisis varian indeks setana biodiesel bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur, katalis KOH dan interaksi keduanya terhadap indeks setana biodiesel yang didapatkan dari transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari perhitungan statistik seperti contoh sebelumnya didapatkan tabel 4.12 sebagai berikut:

Tabel 4.12 Analisis varian dua arah untuk indeks setana biodiesel

| Sumber keragaman | JK | db | KT | Fhitung | Ftabel |
|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur (faktor A) | 40,71 | 4 | 10,18 | 9755,73 | 3,06 |
| Katalis KOH (faktor B) | 19,18 | 2 | 9,59 | 9189,58 | 3,68 |
| Interaksi faktor A dan B | 7,50 | 8 | 3,75 | 3593,92 | 2,64 |
| Galat | 0,02 | 15 | 0,001 | | |
| Total | 67,41 | 29 | | | |

Dari tabel 4.12 diatas, dapat diperoleh kesimpulan:

I. $F_{A\ hitung} > F_{A\ tabel}$ maka $H_0^1$ ditolak dan $H_1^1$ diterima, ini berarti bahwa temperatur berpengaruh terhadap indeks setana biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

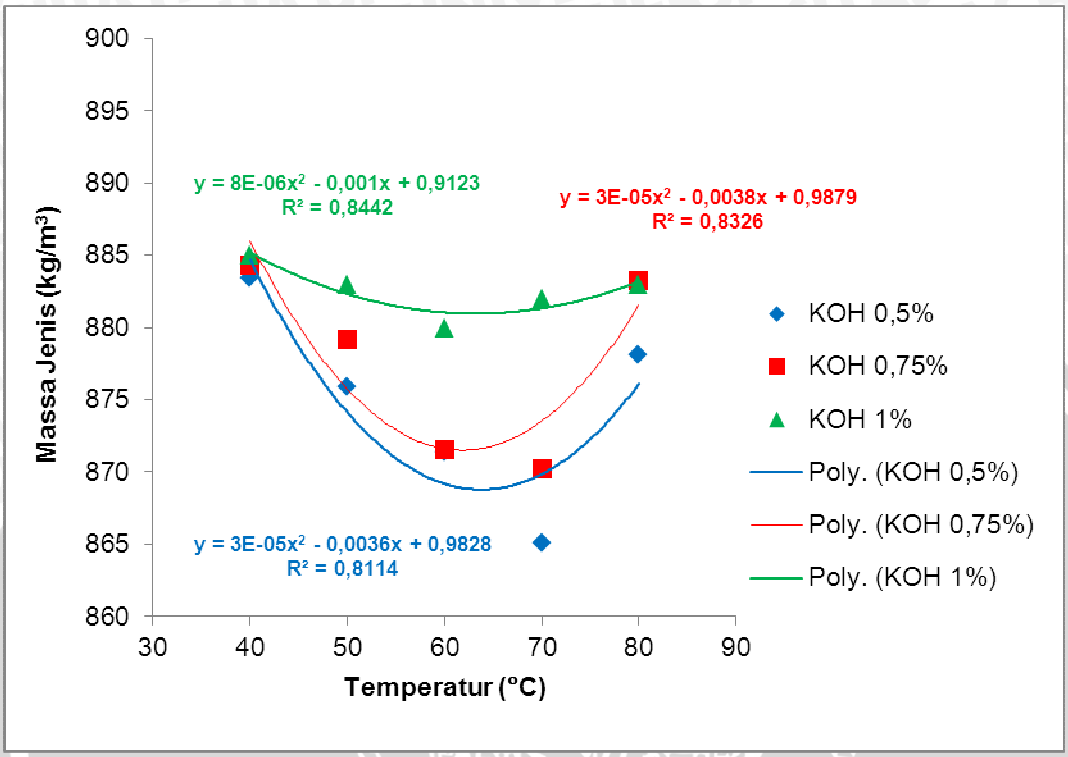
II. $F_{B\ hitung} > F_{B\ tabel}$ maka $H_0^2$ ditolak dan $H_1^2$ diterima, ini berarti bahwa katalis KOH berpengaruh terhadap indeks setana biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

III. $F_{AB\ hitung} > F_{AB\ tabel}$ Maka $H_0^3$ ditolak dan $H_1^3$ diterima, ini berarti bahwa interaksi antara temperatur dan katalis KOH berpengaruh terhadap indeks setana biodiesel hasil transesterifikasi minyak biji alpukat.

Dari kesimpulan diatas terlihat bahwa temperatur, katalis KOH dan interaksi antara temperatur dan katalis KOH mempunyai pengaruh yang nyata terhadap indeks setana biodiesel dengan tingkat keyakinan 95%.

## 4.3 Pembahasan

### 4.3.1 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap massa jenis biodiesel dan katalis KOH




Gambar 4.1 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap massa jenis biodiesel dan katalis KOH

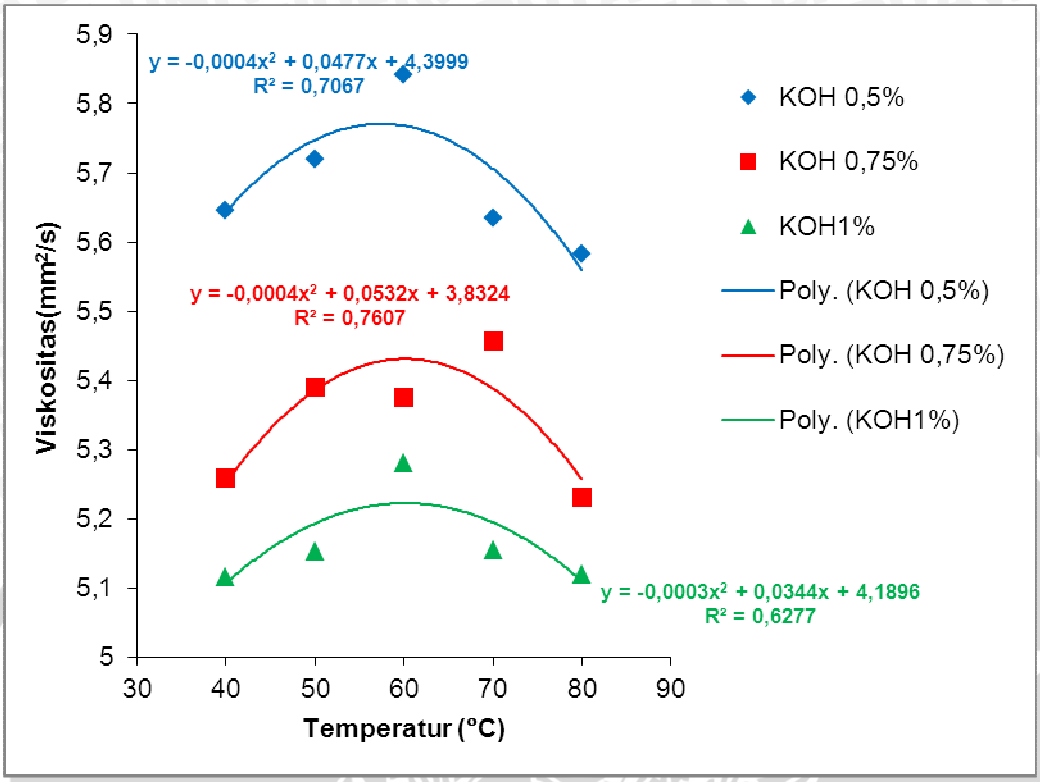
Massa jenis (*density*) menyatakan jumlah massa yang terkandung dalam satu satuan volume (kg/m$^3$). Gambar 4.1 menunjukkan grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat terhadap massa jenis biodiesel dan katalis KOH sebesar 0,5%; 0,75% dan 1%. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa massa jenis biodiesel tertinggi didapatkan dari temperatur transesterifikasi 40°C dengan persentase KOH 1% yaitu sebesar 885 kg/m$^3$. Sedangkan massa jenis biodiesel terendah didapatkan dari temperatur transesterifikasi 70°C dengan persentase KOH 0,5% yaitu sebesar 865,1 kg/m$^3$.

Massa jenis biodiesel yang masih tinggi yaitu sebesar 885 kg/m$^3$ disebabkan oleh temperatur transeseterifikasi yang terlalu rendah yaitu 40°C. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya senyawa trigliserida yang belum bereaksi dengan metanol pada proses transesterifikasi. Dengan temperatur transeseterifikasi 40°C, metanol belum secara sempurna memecah molekul trigliserida menjadi metil ester karena temperatur yang digunakan untuk memutus ikatan rantai karbon pada trigliserida masih rendah

sehingga trigliserida masih memiliki rantai karbon yang panjang dan komplek. Dengan semakin lama pemanasan pada proses transesterifikasi mengakibatkan ikatan antara molekul melemah seiring dengan kenaikan temperatur. Pemanasan merupakan salah satu energi aktivasi untuk melepaskan ikatan molekul. Adanya peningkatan temperatur transesterifikasi, terjadi kenaikan volume pada massa yang tetap. Hal itulah yang menyebabkan penurunan massa jenis seiring dengan penambahan temperatur transesterifikasi.

Apabila biodiesel memiliki massa jenis yang tinggi hal ini akan menyebabkan kesulitan dalam proses atomisasi dan penguapan bahan bakar, karena bahan bakar cenderung lebih berat dan pada saat penyemprotan bahan bakar tidak dapat berlangsung lancar sehingga untuk memudahkan proses atomisasi dan penguapan bahan bakar, menurut SNI-04-7182-2006 diharapkan biodiesel memiliki massa jenis antara 850-890 kg/m$^3$.

### 4.3.2 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap viskositas biodiesel dan katalis KOH




Gambar 4.2 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap viskositas biodiesel dan katalis KOH

Viskositas (*viscosity*) merupakan ukuran tingkat kekentalan suatu bahan bakar minyak. Gambar 4.2 menunjukkan grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat terhadap viskositas biodiesel dan katalis KOH sebesar 0,5%; 0,75% dan 1%. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa viskositas biodiesel tertinggi didapatkan dari temperatur transesterifikasi 60°C dengan persentase KOH 0,5% yaitu sebesar 5,8421 $mm^2/s$. Sedangkan massa jenis biodiesel terendah didapatkan dari temperatur transesterifikasi 80°C dengan persentase KOH 1% yaitu sebesar 5,12 $mm^2/s$.

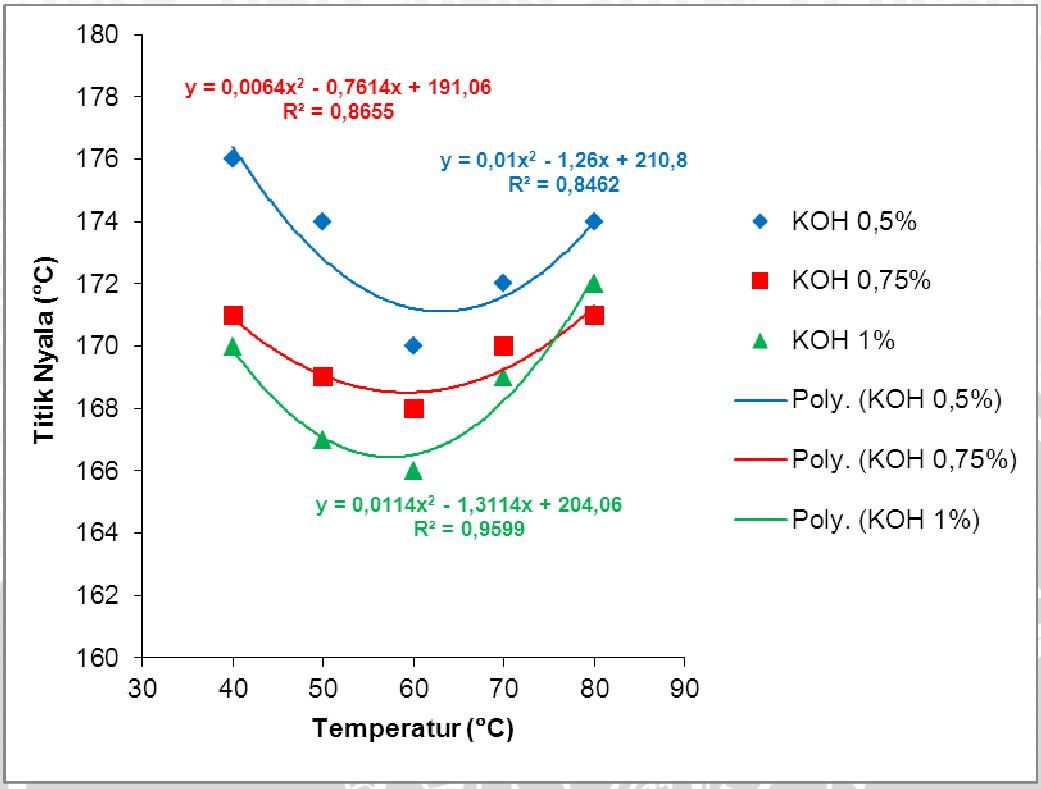
Viskositas biodiesel yang masih tinggi yaitu sebesar 5,8421 $mm^2/s$ disebabkan oleh temperatur transeseterifikasi yang masih rendah yaitu 60°C dan persentase KOH yang terlalu sedikit yaitu 0,5%. Hal ini dapat terjadi karena adanya senyawa trigliserida yang belum bereaksi dengan metanol pada saat proses transesterifikasi. Senyawa trigliserida adalah senyawa yang memiliki kerapatan tinggi sehingga memiliki tegangan geser yang besar. Kenaikan viskositas seiring dengan kenaikan

temperatur, setelah mencapai titik tertentu akan mengalami penurunan. Penurunan nilai viskositas salah satu faktornya disebabkan penurunan nilai densitasnya.

Apabila biodiesel memiliki viskositas yang tinggi hal ini akan menyebabkan kesulitan dalam proses atomisasi dan penguapan bahan bakar, karena bahan bakar cenderung lebih kental dan pada saat penyemprotan bahan bakar tidak dapat berlangsung lancar. Untuk memudahkan proses atomisasi dan penguapan bahan bakar, menurut SNI 04-7182-2006 diharapkan biodiesel memiliki viskositas antara 2,3 – 6,0 $mm^2/s$.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

### 4.3.3 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap titik nyala biodiesel dan katalis KOH




Gambar 4.3 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap titik nyala biodiesel dan katalis KOH

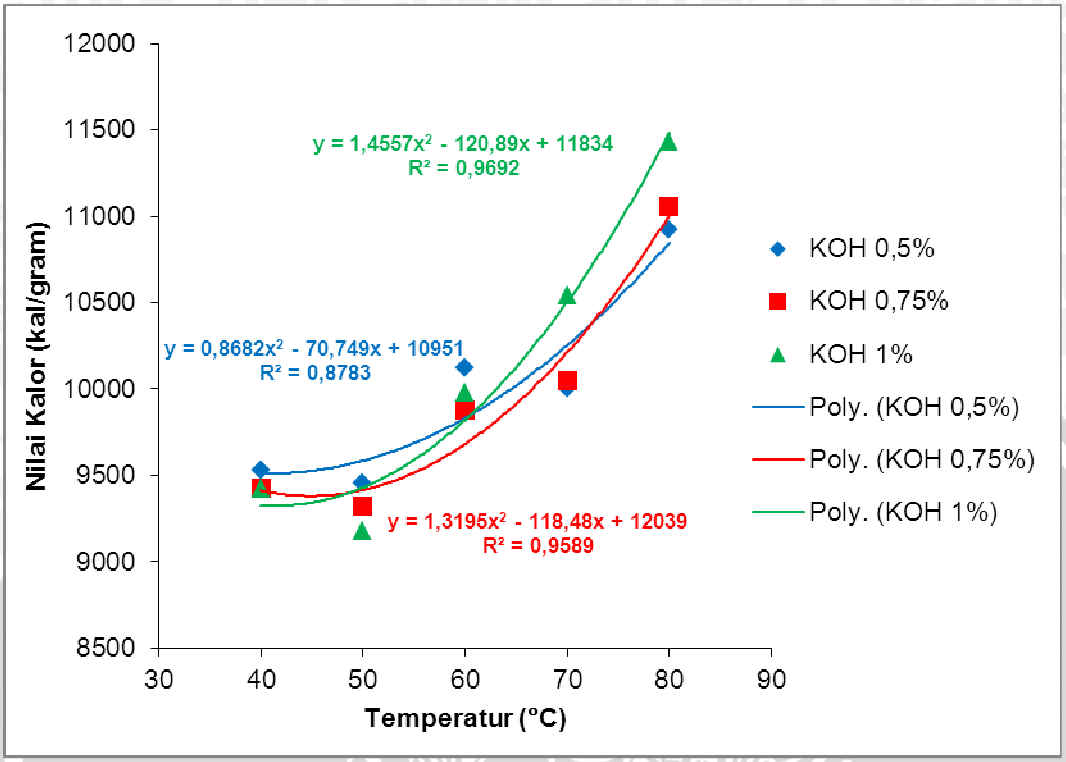
Titik nyala (*flash point*) merupakan temperatur terendah pada saat bahan bakar dalam campurannya dengan udara dapat menyala. Gambar 4.3 menunjukkan grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat terhadap titik nyala biodiesel dan katalis KOH sebesar 0,5%; 0,75% dan 1%. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa titik nyala biodiesel tertinggi didapatkan dari temperatur transesterifikasi 40°C dengan persentase KOH 0,5% yaitu sebesar 176°C. Sedangkan titik nyala biodiesel terendah didapatkan dari temperatur transesterifikasi 60°C dengan persentase KOH 1% yaitu sebesar 166°C.

Titik nyala biodiesel yang cenderung tinggi yaitu sebesar 176°C dikarenakan temperatur transesterifikasi masih rendah yaitu 40°C dan persentase KOH yang masih sedikit yaitu 0,5%. Hal ini menyebabkan masih terdapatnya senyawa trigliserida yang belum bereaksi dengan metanol pada saat proses transesterifikasi sehingga pada saat dilakukan proses pembakaran, biodiesel membutuhkan panas yang lebih besar untuk memutuskan ikatannya dan menghasilkan titik nyala pada temperatur yang cenderung

tinggi. Sedangkan titik nyala terendah yaitu pada temperatur 60°C dan persentase KOH 1% sebesar 166°C. Hal ini disebabkan karena senyawa trigliserida telah bereaksi dengan metanol. Dengan semakin lama pemanasan pada proses transesterifikasi mengakibatkan ikatan antara molekul melemah seiring dengan kenaikan temperatur. Pemanasan merupakan salah satu energi aktivasi untuk melepaskan ikatan molekul.

Titik nyala yang terlampau tinggi dapat menyebabkan keterlambatan penyalaan, sementara apabila titik nyala terlampau rendah akan menyebabkan timbulnya ledakan – ledakan yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ruang bakar (detonasi). Sehingga menurut SNI 04-7182-2007, diharapkan biodiesel memiliki titik nyala minimal 100°C.

### 4.3.4 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap nilai kalor biodiesel dan katalis KOH



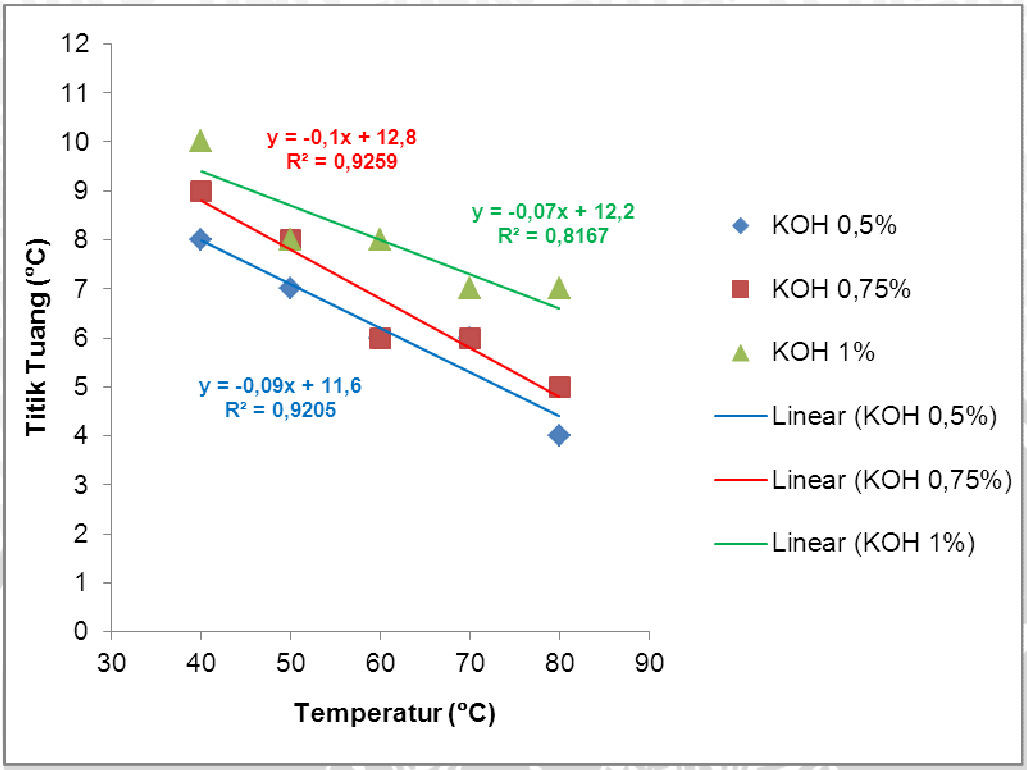

Gambar 4.4 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap nilai kalor biodiesel dan katalis KOH

Nilai kalor (*heating value*) merupakan suatu sifat yang menunjukkan jumlah energi panas yang terkandung dalam suatu massa atau volume bahan bakar melalui proses pembakaran sempurna. Gambar 4.4 menunjukkan grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat terhadap nilai kalor biodiesel dan katalis KOH sebesar 0,5%; 0,75% dan 1%. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai kalor biodiesel tertinggi didapatkan dari temperatur transesterifikasi 80°C dengan persentase KOH 1% yaitu sebesar 11432,5584 kal/gram. Sedangkan nilai kalor biodiesel terendah didapatkan dari temperatur transesterifikasi 50°C dengan persentase KOH 1% yaitu sebesar 9178,2182 kal/gram.

Nilai kalor biodiesel terendah yaitu sebesar 9178,2182 kal/gram disebabkan oleh temperatur transeseterifikasi yang masih rendah yaitu 50°C. Hal ini dapat terjadi karena adanya senyawa trigliserida yang belum bereaksi dengan metanol pada saat proses transesterifikasi. Dengan temperatur transeseterifikasi 50°C metanol belum secara sempurna memecah molekul trigliserida menjadi metil ester karena temperatur

yang digunakan untuk memutus ikatan rantai karbon masih sangat singkat. Sedangkan nilai kalor tertinggi yaitu pada temperatur 80°C sebesar 11432,5584 kal/gram. Hal ini disebabkan karena ikatan trigliserida telah bereaksi dengan metanol sehingga pada proses transesterifikasi metanol telah memecah molekul trigliserida menjadi metil ester. Dengan semakin lama pemanasan pada proses transesterifikasi mengakibatkan ikatan antara molekul melemah seiring dengan kenaikan temperatur. Pemanasan merupakan salah satu energi aktivasi untuk melepaskan ikatan molekul.

### 4.3.5 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap titik tuang biodiesel dan katalis KOH




Gambar 4.5 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap titik tuang biodiesel dan katalis KOH

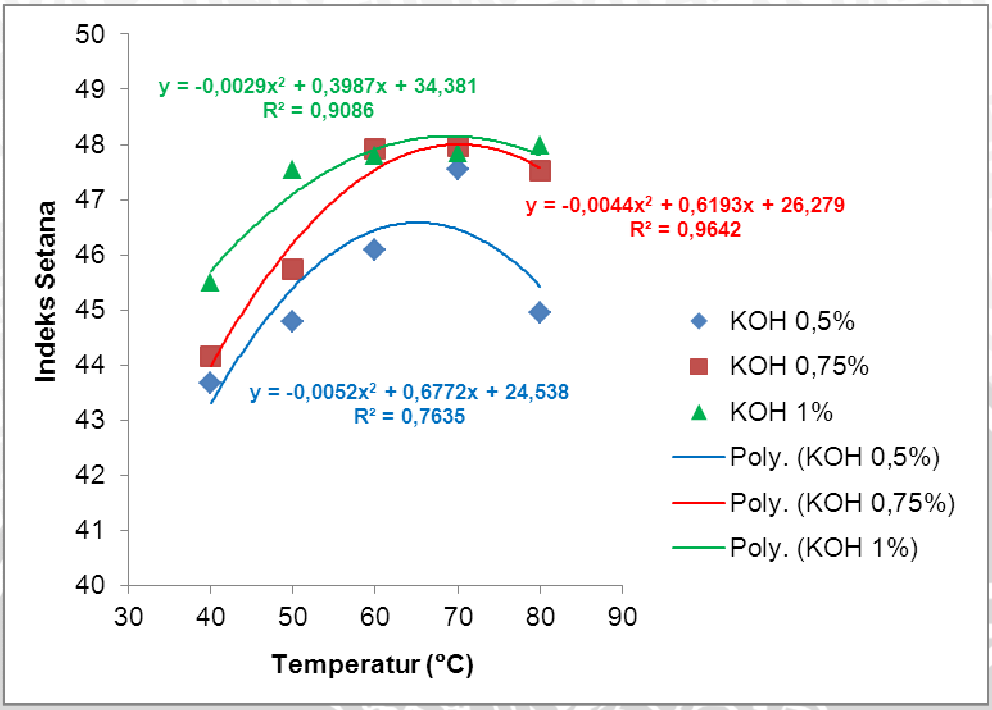
Titik tuang (*pour point*) merupakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dimana bahan bakar tersebut masih dapat mengalir apabila didinginkan pada kondisi tertentu karena gaya gravitasi. Gambar 4.5 menunjukkan grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat terhadap titik tuang biodiesel dan katalis KOH sebesar 0,5%; 0,75% dan 1%. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa titik tuang biodiesel tertinggi didapatkan dari temperatur transesterifikasi 40°C dengan persentase KOH 1% yaitu sebesar 10°C. Sedangkan titik tuang biodiesel terendah didapatkan dari temperatur transesterifikasi 80°C dengan persentase KOH 0,5% yaitu sebesar 4°C.

Titik tuang biodiesel yang masih tinggi yaitu sebesar 10°C disebabkan oleh temperatur transeseterifikasi yang masih rendah yaitu 40°C. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya senyawa trigliserida yang belum bereaksi dengan metanol pada saat proses transesterifikasi dan masih memiliki rantai karbon yang panjang dan komplek. Dengan semakin panjang rantai karbon, maka bilangan massa relatifnya menjadi lebih tinggi mengakibatkan ikatan antar atom menjadi lebih rapat sehingga

massa jenis menjadi lebih tinggi. Hal ini membuat waktu yang dibutuhkan untuk merubah biodiesel dari cair ke beku menjadi cepat dan menghasilkan titik beku yang tinggi, sehingga titik tuang yang dihasilkan juga tinggi. Sedangkan titik tuang terendah yaitu pada temperatur 80°C sebesar 4°C. Hal ini disebabkan karena senyawa trigliserida telah bereaksi dengan metanol pada proses transesterifikasi. Dengan semakin lama pemanasan pada proses transesterifikasi mengakibatkan ikatan antara molekul melemah seiring dengan kenaikan temperatur. Pemanasan merupakan salah satu energi aktivasi untuk melepaskan ikatan molekul. Hal ini membuat waktu yang dibutuhkan untuk merubah biodiesel dari cair ke beku menjadi lambat dan menghasilkan titik beku yang rendah, sehingga titik tuang yang dihasilkan juga rendah.

Titik tuang ini diperlukan sehubungan dengan adanya persyaratan praktis dari prosedur penimbunan dan pemakaian dari bahan bakar minyak, dikarenakan bahan bakar sering sulit dipompa apabila suhunya telah dibawah titik tuang. Titik tuang juga penting untuk keperluan pada saat penyimpanan. Sehingga menurut SNI 04-7182-2007, diharapkan biodiesel memiliki titik tuang < 18°C.

### 4.3.6 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap indeks setana biodiesel dan katalis KOH




Gambar 4.6 Grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi terhadap indeks setana biodiesel dan katalis KOH

Indeks setana adalah suatu parameter mutu penyalaan pada bahan bakar mesin diesel. Mutu pelayanan dari bahan bakar diesel dapat diartikan sebagai waktu yang diperlukan untuk bahan bakar agar dapat menyala di ruang pembakaran dan diukur setelah penyalaan terjadi. Gambar 4.6 menunjukkan grafik hubungan antara temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat terhadap indeks setana biodiesel dan katalis KOH sebesar 0,5%; 0,75% dan 1%. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa indeks setana biodiesel tertinggi didapatkan dari temperatur transesterifikasi 80°C dengan persentase KOH 1% yaitu sebesar 47,98. Sedangkan indeks setana biodiesel terendah didapatkan dari temperatur transesterifikasi 40°C dengan persentase KOH 0,5% yaitu sebesar 43,67.

Indeks setana yang masih rendah yaitu pada temperatur 40°C dengan persentase KOH 0,5% sebesar 43,67. Hal ini dapat terjadi dikarenakan temperatur yang digunakan pada proses transesterifikasi masih rendah sehingga senyawa trigliserida belum bereaksi dengan metanol. Dengan temperatur transeseterifikasi 40°C, metanol belum secara sempurna memecah molekul trigliserida menjadi metil

ester karena temperatur yang digunakan untuk memutus ikatan rantai karbon pada trigliserida masih rendah sehingga trigliserida masih memiliki rantai karbon yang panjang dan komplek. Sedangkan indeks setana tertinggi yaitu pada temperatur 80°C dengan persentase KOH 1% sebesar 47,98. Hal ini disebabkan senyawa trigliserida telah bereaksi dengan metanol sehingga metanol dapat memecah molekul trigliserida menjadi metil ester.

Dari grafik di atas juga dapat dibandingkan dengan grafik titik nyala dan dapat disimpulkan bahwa indeks setana berbanding terbalik dengan titik nyalanya. Pada titik nyala yang tinggi yaitu pada variasi persentase KOH 0,5% mengakibatkan indeks setana yang rendah, sebaliknya pada titik nyala yang rendah pada persentase KOH 1% maka indeks setannya tinggi. Hal ini disebabkan pada titik nyala yang tinggi akan memerlukan waktu yang lama bagi bahan bakar untuk dapat terbakar setelah terjadi penyalaan.

### 4.3.7 Tabel perbandingan sifat fisik antara biodiesel minyak biji alpukat temperatur 80°C dan katalis KOH 1% dengan standar sifat fisik minyak solar dan biodiesel

Tabel 4.14 Data perbandingan sifat fisik biodiesel antara minyak biji alpukat (Temperatur 80°C, KOH1%) dengan standar biodiesel dan solar

| Sifat Fisik | Solar | Biodiesel | Biodiesel Minyak Biji Alpukat Temperatur 80°C, KOH 1% |
|---|---|---|---|
| Massa Jenis (kg/mm$^3$) | 820 – 860 | 850 - 890 | 883 |
| Viskositas 40°C (mm$^2$/s) | 2 - 4,5 | 2,3 - 6 | 5,12 |
| Titik Nyala (°C) | 55 | Min 100 | 172 |
| Nilai Kalor (kkal/kg) | 10423 | 10892 | 11432,56 |
| Titik Tuang (°C) | 3 | Maks. 18 | 7 |
| Indeks setana | 45 | 48 | 47,98 |

Pada tabel 4.14 di atas menunjukkan perbandingan sifat fisik antara biodiesel minyak biji alpukat dengan solar dan biodiesel. Untuk sifat fisik biodiesel minyak biji alpukat diambil yang optimum yaitu temperatur 80°C dan KOH 1%. Untuk massa jenis biodiesel minyak biji alpukat sebesar 883 kg/mm$^3$ sedangkan untuk standar biodiesel sekitar 850-890 kg/mm$^3$ dan untuk solar sekitar 820-860 kg/mm$^3$. Untuk viskositas biodiesel minyak biji alpukat sebesar 5,12 mm$^2$/s sedangkan untuk standar biodiesel sekitar 2,3-6 mm$^2$/s dan untuk solar sekitar 2-4,5 mm$^2$/s. Untuk titik nyala biodiesel minyak biji alpukat sebesar 172$^o$C sedangkan untuk standar biodiesel sebesar minimal 100$^o$C dan untuk solar sebesar 55 $^o$C. Untuk nilai kalor biodiesel minyak biji alpukat sebesar 11432,56 kkal/kg sedangkan untuk standar biodiesel sebesar 10892 kkal/kg dan untuk solar sebesar 10423 kkal/kg. Untuk titik tuang biodiesel minyak biji alpukat sebesar 7$^o$C sedangkan untuk standar biodiesel sebesar maksimal 18$^o$C dan untuk solar sebesar 3$^o$C. Untuk indeks setana biodiesel minyak biji alpukat sebesar 47,98 sedangkan untuk standar biodiesel sebesar 48 dan untuk solar sebesar 45. Dari keenam sifat fisik biodiesel minyak biji alpukat bila dibandingkan dengan standar biodiesel masih mendekati dan untuk solar masih terlalu jauh. Hal ini masih memungkinkan untuk dilakukan pencampuran antara minyak biji alpukat dengan solar dengan persentase volume tertentu sampai diperoleh sifat fisik

yang sesuai dengan standar biodiesel. Penggunaan biodiesel minyak biji alpukat secara langsung sebagai bahan bakar pengganti solar masih kurang sesuai bila dilihat dari sifat fisiknya, sehingga biodiesel dari minyak biji alpukat ini lebih sesuai apabila dicampur dengan solar.

# BAB V
# PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

Dari grafik dan analisa terhadap grafik hasil penelitian, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah semakin tinggi temperatur transesterifikasi minyak biji alpukat dan katalis KOH maka diperoleh sifat fisik yang lebih baik, yaitu dengan semakin menurunnya massa jenis, viskositas, titik nyala, titik tuang serta dengan semakin meningkatnya nilai kalor dan indeks setana.

Pada temperatur 80°C dengan katalis KOH 1% diperoleh sifat fisik biodiesel yang optimum yaitu massa jenis 883 kg/mm$^3$, viskositas 5,12 mm$^2$/s, titik nyala 172$^o$C, nilai kalor 11432,56 kal/g, titik tuang 7 $^o$C dan indeks setana 47,98. Sifat fisik tersebut mendekati Standar Nasional Indonesia (SNI-04-7182-2006) untuk biodiesel.(Sebagaimana hal. 18)

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh temperatur dan waktu transesterifikasi minyak biji alpukat terhadap sifat fisik biodiesel.
2. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh persentase volume campuran antara biodiesel dengan solar terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang pada motor diesel empat langkah.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# DAFTAR PUSTAKA


ASTM Internasional Designation: D 976-06, D86-07

A, Chairil., et al., ; 2007 : *Biodiesel From CPO And Aplication As Blending Components* ; 3rd Asian Petroleum Technology Symposium Program, Jakarta.

Bie, 2008, *Biodiesel Energi Alternatif,* http://www.ccitonline.com/mekanikal/tiki-read_article.php?articleId=49, (diakses pada 9 Januari 2010).

Bouaid, A., ; 2005 : *Pilot Plant Studies of Biodiesel Production Using Brassica Carinata as Raw Material* ; Catalysis Today Chemical Engineering Departement, Faculty of Chemistry, University of Complutense.

Cengel, Y., A., ; 2002 : *Thermodynamics: An Engineering Approach, Fourth Edition* ; Mc Graw Hill Higher Education, New York.

Choo, Y., M., ; 1994 : *Production of Palm Oil Metil Ester and Its Use as Diesel Subtitusi* ; Palm Oil Research Institute of Malaysia.

Darnoko, D. and Cheryan, Munir, ; 2000 : *Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor* ; University of Illinois, USA.

Putra, G., T., ; 2008 : *Pengaruh Metanol Dan NaOH Terhadap Rendemen Dan Mutu Minyak Jarak Sebagai Substitusi Bahan Bakar Solar* ; Fakultas Pertanian, Universitas Sumatra Utara, Medan.

Hui, Y., H., ; 1996 : *Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Industrial and Nonedible Products from Oil and Fats, Volume 5, 5th Edition* ; Jhon Willey and Son, New York.

Holman, J. P.; 1985: *Metode Pengukuran Teknik* ; Erlangga, Jakarta.

Ikhuoria, E.U., ; 2001 : *Characterization of avocado pear (Persea Americana) and African pear (Dacryodesedulis) extract* ; Biotechnology, hal 950-952.

Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 2000, *Alpukat/Avokad (Persea Americana Mill/Persea gratissima Gaerth)*, http://www.ristek.go.id, (diakses pada 9 Januari 2010).

Mittlechbach, M., ; 2004 : *Biodiesel The Comprehensive Handbook* ; Boerseduck Ges.m.bH, Vienna.

Mulyani., ; 2007 : *Bioprospek Carberaodollam Gaerth yang diambil dari Tiga Lokasi sebagai Bahan Baku Biodiesel* ; Progam Studi Biologi, Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung.


repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Nugroho, A. ; 2006 : *Biodiesel Jarak Pagar, Bahan Bakar Alternatif Yang Ramah Lingkungan* ; PT. Agro Media, Tangerang.

Rachimoellah M., : 2009 ; *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Alpukat (Persea gratissima) Dengan Proses Transesterifikasi* ; SNTKI, Bandung.

Ramadhas, A., S., S., ; 2004 : *Biodiesel Production From High FFA Rubber Seed Soil* ; Fuel, hal.335-340.

Rutz, Dominik, dkk. : 2007 ; *Bio Fuel Technology Handbook* ; Sylvensteinstr, Munchen, Germany.

Schuchardt, et al., ; 1998 : *Transesterification of Vegetable Oils* ; a Riview, J., Braz, Chem, Soc., Vol. 9, No. 1, 199-210, Brazil.

Soerawidjaja, Tatang H., ; 2006 : *Fondasi-fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel* ; Seminar Nasional "Biodiesel Sebagai Energi Alternatif Masa Depan", Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Susilo, Bambang., ; 2006 : *Biodiesel* ; Trubus Agrisarana, Surabaya.

Wardana, I.N.G., Prof., Ir., M.eng., Phd., ; 2008 : *Bahan Bakar & Teknologi Pembakaran* ; PT. Danar Wijaya-Brawijaya University Press, Malang.

Wahyu, 2007, *Alpukat dalam Tangki Bahan Bakar Biodiesel,* http://www.avocadosource.com/WAC1/WAC1_p159.pdf, (diakses pada 9 Januari 2010).

Zhang, Y., ; 2002 : *Biodiesel Production from Waste Cooking Oil* ; Process design and tecnhnological assessment, Bioresource Technology, hal 1-16.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA