

**PENAMBAHAN ZAT ANTIOKSIDAN DARI EKSTRAK ETANOL DAUN
SIRSAK (*Annona muricata* L.) UNTUK PENINGKATAN KESTABILAN
BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)**



Skripsi

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Sarjana
Sains (S.Si) Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar

Oleh:

MASLIAH

NIM: 60500114043

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR**

2018

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Masliah
NIM : 60500114043
Tempat/Tgl. Lahir : Toppo, 19 Oktober 1995
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Penambahan Zat Antioksidan dari Ekstrak Etanol Daun
Sirsak (*Annona muricata* L.) untuk Peningkatan Kestabilan
Biodiesel dari Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*).

menyatakan dengan penuh kesadaran bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya penyusun sendiri. Jika di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan duplikat, tiruan, plagiat, dibuat atau dibantu orang lain secara keseluruhan atau sebahagian, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya, batal demi hukum.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI

ALAUDDIN
MAKASSAR

Gowa, 21 November 2018

Penulis,



Masliah

NIM: 60500114043

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Wassyukurillah penulis panjatkan kehadiran Allah swt. yang telah memberikan rahmat-NYA sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Penambahan Zat Antioksidan dari Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) untuk Peningkatan Kestabilan Biodiesel dari Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*)”**. Salawat dan taslim tak lupa penulis ucapkan kepada junjungan nabi besar Muhammad saw. beserta keluarga dan para sahabatnya.

Penulis membuat skripsi sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Dalam penulisan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, kerja sama dan bantuan dari berbagai pihak sehingga skripsi dapat diselesaikan dengan baik dan tak lupa penulis mengungkapkan terima kasih kepada ibunda Jania dan ayahanda Basri maupun seluruh keluarga atas doa dan dukungan selama penulis menempuh pendidikan hingga ke perguruan tinggi

Pada kesempatan ini juga, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Musafir, M.Si, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
2. Bapak Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
3. Ibu Sjamsiah, S.Si.,M.Si.,Ph.D, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

4. Ibu Dr. Rismawaty Sikanna, S.Si., M.Si, selaku Sekertaris Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
5. Ibu Aisyah, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing I dan Ibu Andi Nur Fitriani Abubakar, S.Si., M.Si, selaku Pembimbing II. Terima kasih atas segala bimbingan, arahan dan bantuan selama berlangsungnya penelitian dan penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu Asriani Ilyas, S.Si., M.Si, selaku Penguji I dan Bapak Dr. H. Muh. Sadik Sabry, M.Ag selaku Penguji II. Terima kasih atas kritik dan saran yang diberikan.
7. Segenap Dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
8. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
9. Seluruh laboran Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, terkhususnya Ibu Nuraini, S.Si, selaku laboran di Laboratorium Organik atas masukan dan kesabaran meluangkan waktu yang diberikan selama proses penelitian berlangsung.
10. Bapak Usman, S.Si selaku laboran di Laboratorium Forensik Makassar yang telah membantu dalam proses analisis sampel.
11. Rekan seperjuangan dalam penelitian, Tim Biodiesel (Wakyah, Yuniar, Rezeki, Nisa, Ugah) dan Tim Isolasi Bahan Alam yang selalu bersama berjuang dalam suka maupun duka. Terima kasih atas bantuan dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

12. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Kimia Angkatan 2014 atas dukungannya selama ini. Semoga kalian semua menjadi orang yang mampu membagikan ilmunya dengan baik dan bermanfaat.

13. Teman-teman KKN Angkatan 58 Terkhusus posko Desa Tampa yang selama ini memberikan masukan dan dukungan.

Dan terima kasih kepada keluarga dan semua pihak yang tidak disebutkan namanya satu persatu atas bantuan dan doa yang diberikan kepada penulis, semoga Allah membalas kebaikan kalian.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan untuk itu kritik dan saran diharapkan mampu melengkapi kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan. Aamiin.

Gowa, 21 November 2018

Penulis,



Masliah
NIM. 60500114043

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| SAMPUL | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI | ii |
| PENGESAHAN SKRIPSI | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| ABSTRAK | xii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1-8 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Rumusan Masalah..... | 7 |
| C. Tujuan Penelitian..... | 7 |
| D. Manfaat Penelitian..... | 8 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 9-30 |
| A. Krisis Energi..... | 9 |
| B. Biodiesel..... | 10 |
| 1. Biodiesel Sebagai Energi Alternatif..... | 10 |
| 2. Karakteristik Biodiesel..... | 10 |
| 3. Bahan Baku Biodiesel..... | 12 |
| a. Minyak Nabati..... | 12 |
| b. Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)..... | 15 |

| | |
|---|--------------|
| 4. Esterifikasi dan Transesterifikasi..... | 18 |
| 5. Kelebihan dan Kekurangan Biodiesel | 20 |
| C. Zat Antioksidan..... | 22 |
| D. Analisis Kualitas Biodiesel | 25 |
| E. Instrumen identifikasi..... | 28 |
| 1. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) | 28 |
| 2. <i>Gas Chromagrophy-Mass Spectroscopy</i> (GC-MS)..... | 29 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 31-40 |
| A. Waktu dan Tempat | 31 |
| B. Alat dan Bahan..... | 31 |
| C. Prosedur Kerja..... | 32 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 41-58 |
| A. Hasil Penelitian | 41 |
| B. Pembahasan..... | 44 |
| BAB V PENUTUP | 59 |
| A. Kesimpulan | 59 |
| B. Saran..... | 59 |
| DAFTAR PUSTAKA | 60 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN | 63 |
| BIOGRAFI PENULIS | 99 |

DAFTAR TABEL

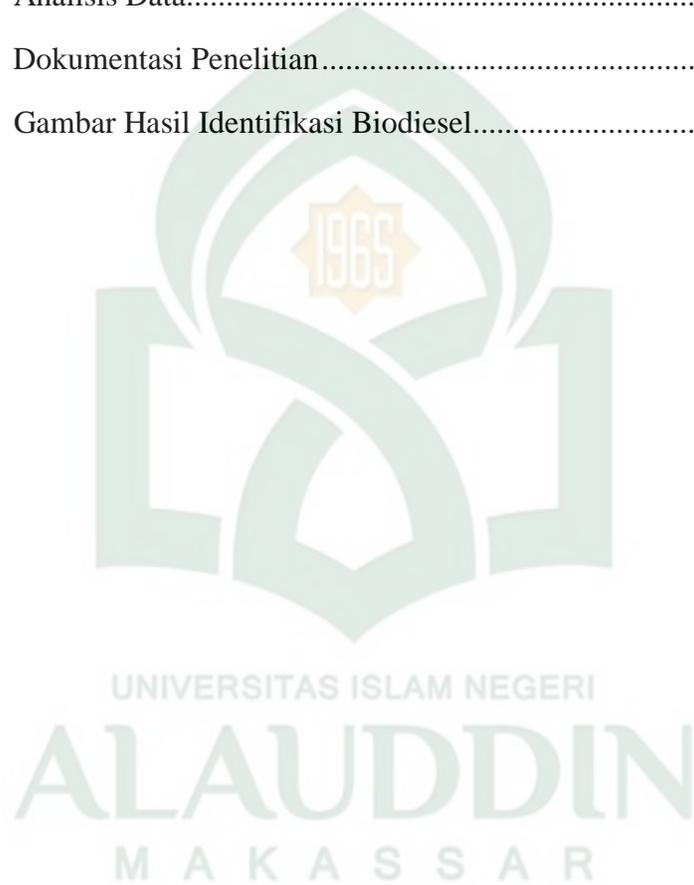
| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182:2015 | 11 |
| Tabel 2.2 Kandungan Asam Lemak Minyak Biji Kelor | 17 |
| Tabel 2.3 Sifat Bahan Bakar <i>Moringa oleifera</i> Metil Ester (Mome)..... | 18 |
| Tabel 2.4 Serapan pada Spektrum IR..... | 29 |
| Tabel 4.1 Kadar <i>Free Fatty Acid</i> (FFA) Minyak Biji Kelor | 40 |
| Tabel 4.2 Nilai Serapan dari Vibrasi Regang Gugus Senyawa Biodiesel..... | 42 |
| Tabel 4.3 Waktu Retensi dan Luas Puncak dari Komponen Biodiesel..... | 42 |
| Tabel 4.4 Karakteristik Fisik Biodiesel | 43 |
| Tabel 4.5 Nilai Parameter Kestabilan Biodiesel | 44 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Buah dan Biji Kelor..... | 16 |
| Gambar 2.2 | Reaksi Esterifikasi..... | 19 |
| Gambar 2.3 | Reaksi Transesterifikasi | 20 |
| Gambar 2.4 | Tanaman Sirsak..... | 24 |
| Gambar 4.1 | Spektrum FTIR Biodiesel Minyak Biji Kelor | 50 |
| Gambar 4.2 | Mekanisme Reaksi Oksidasi pada Asam Lemak Tidak Jenuh..... | 55 |
| Gambar 4.3 | Mekanisme Antioksidan Primer..... | 56 |
| Gambar 4.4 | Reaksi Flavonoid dengan Radikal Peroksida Asam Lemak..... | 56 |
| Gambar 4.5 | Mekanisme Reaksi Oksidasi pada Senyawa Peroksida..... | 58 |
| Gambar 4.6 | Reaksi Perubahan Antioksidan Menjadi Prooksidan | 58 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|------------|--|----|
| Lampiran 1 | Bagan Alir Penelitian Secara Umum..... | 66 |
| Lampiran 2 | Diagram Alir Prosedur Kerja..... | 67 |
| Lampiran 3 | Analisis Data..... | 76 |
| Lampiran 4 | Dokumentasi Penelitian..... | 88 |
| Lampiran 5 | Gambar Hasil Identifikasi Biodiesel..... | 98 |



ABSTRAK

Nama : Masliah

NIM : 60500114043

Judul Skripsi : Penambahan Zat Antioksidan dari Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) untuk Peningkatan Kestabilan Biodiesel dari Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*)

Biodiesel dari minyak nabati memiliki kekurangan yaitu mudah mengalami proses oksidasi yang dapat meningkatkan keasaman biodiesel. Hal ini dapat menimbulkan sifat korosif pada mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan zat antioksidan dari ekstrak etanol daun sirsak (*Annona muricata* L.) untuk meningkatkan kestabilan biodiesel dari minyak biji kelor (*Moringa oleifera*) yang ditinjau dari beberapa parameter seperti bilangan peroksida, kadar *free fatty acid* (FFA) dan angka asam. Biodiesel diperoleh dari minyak biji kelor hasil ekstraksi sokletasi dengan menggunakan pelarut n-heksan. Penelitian ini menghasilkan nilai konversi biodiesel sebesar 82.53%. Biodiesel ditambahkan antioksidan alami dari ekstrak etanol daun sirsak dengan variasi konsentrasi sebesar 0.01%; 0.02%; 0.03%; 0.04% dan 0.05% b/v serta antioksidan sintetik TBHQ sebagai kontrol positif. Biodiesel tersebut dianalisis tingkat kestabilannya setelah disimpan selama 14 hari. Zat antioksidan alami pada konsentrasi 0.01% paling efektif meningkatkan kestabilan biodiesel dengan bilangan peroksida sebesar 23.3399 meq peroksida/100 g biodiesel, kadar FFA sebesar 0.22% dan angka asam sebesar 0.4811 mg-KOH/g minyak. Angka asam tersebut telah memenuhi syarat SNI 7182:2015.

Kata Kunci: Biodiesel, Daun Sirsak, Kestabilan, Minyak Biji Kelor, Oksidasi, Zat Antioksidan

ALAUDDIN
M A K A S S A R

ABSTRACT

Name : Masliah

NIM : 60500114043

Thesis title : Addition of Antioxidants Substances of Ethanol Extract Leaf Soursop (*Annona muricata* L.) For Improved Stability of Biodiesel Seed Oil Moringa (*Moringa oleifera*)

Biodiesel from vegetable oils has the disadvantage that easily undergo oxidation processes that can increase the acidity of biodiesel. This can lead to the corrosive nature of the machine. This study aims to determine the ability of antioxidants than the ethanol extract of leaves of soursop (*Annona muricata* L.) to improve the stability of biodiesel from oil seeds of Moringa (*Moringa oleifera*) that in terms of some parameters such as peroxide, levels of free fatty acids (FFA) and the acid number, Biodiesel derived from the moringa seed oil extraction process soxhletation using n-hexane solvent. This research resulted in the conversion of biodiesel amounted to 82.53%. Biodiesel is added natural antioxidants from the ethanol extract of soursop leaves with varying concentrations of 0.01%; Of 0.02%; Of 0.03%; 0.04% and 0.05% w / v and the synthetic antioxidant TBHQ as a positive control. Biodiesel is analyzed degree of stability after being stored for 14 days. Natural antioxidants at a 0.01% concentration most effectively improve the stability of biodiesel with a peroxide value of 2 3.3399 meq peroxide / 100 g biodiesel, FFA content of 0.22% and the acid number of 0.4811 mg-KOH / g of oil. The acid number has qualified SNI7182: 2015.

Keywords: Biodiesel, Soursop Leaves, Stability, Moringa Seed Oil, Oxidation, Antioxidants

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sumber energi tak terbarukan berupa bahan bakar fosil saat ini menjadi salah satu permasalahan di setiap negara di dunia, khususnya Indonesia. Hal ini disebabkan ketersediaannya semakin menipis dan penggunaannya semakin meningkat. Pertumbuhan penduduk dunia yang semakin meningkat setiap tahun menjadi pemicu meningkatnya penggunaan energi yang disebabkan semakin banyaknya kebutuhan sarana transportasi serta berkembangnya aktivitas industri. Penggunaan energi yang tidak sejalan dengan ketersediaan sumber energi ini dapat memicu terjadinya krisis energi.

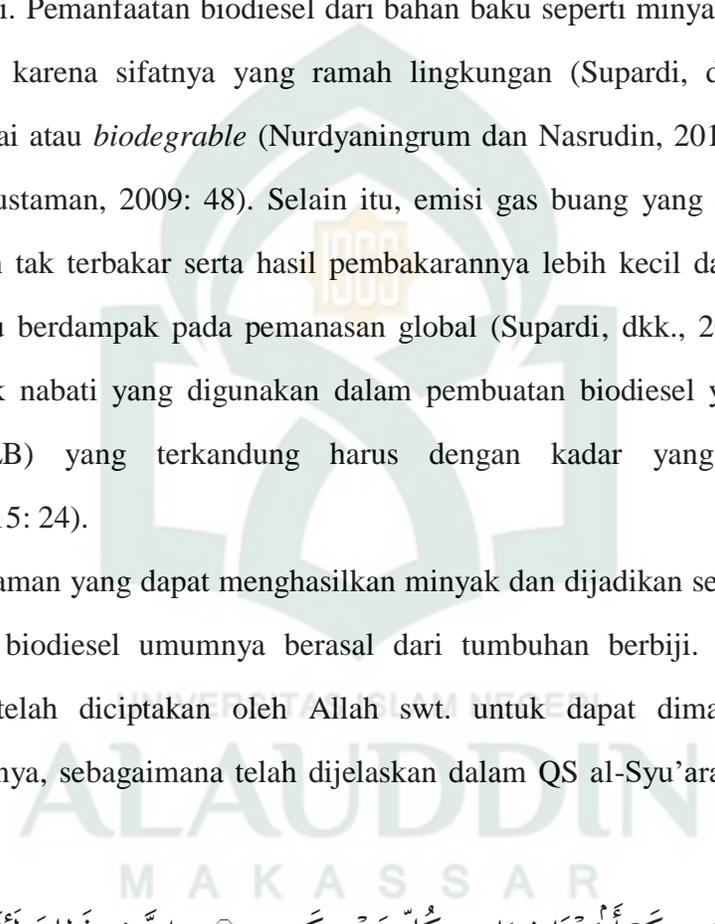
Menurut Buku Ketahanan Energi Indonesia (2015), terjadi peningkatan penggunaan bahan bakar minyak (BBM) dalam 5 tahun sebesar 30.000 kiloliter/hari (kL/d). Peningkatan yang sangat pesat sekitar 167.000 kL/d tahun 2009 menjadi 197.000 ribu kL/d tahun 2013 atau dengan kata lain meningkat 18.1%. Bertambahnya jumlah kendaraan setiap tahunnya adalah salah satu penyebab meningkatnya penggunaan BBM, khususnya premium dan solar (Syahir dan Fyadlon, 2017:1). Berbagai upaya telah dilakukan pemerintah sebagai kepedulian terhadap cadangan sumber energi bahan bakar fosil yang semakin menipis, salah satunya dengan menciptakan energi alternatif terbarukan. Salah satu energi alternatif terbarukan yang perlu dikembangkan untuk menangani krisis energi adalah biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri atas campuran mono-alkil ester dari rantai panjang asam lemak. Biodiesel dapat diperoleh dari bahan baku terbarukan seperti minyak nabati dan hewani. Komposisi dari biodiesel berbeda

dengan bahan bakar fosil karena berasal dari bahan baku yang berbeda pula (Silviana dan Buchori, 2015: 148).

Minyak nabati termasuk salah satu bahan baku yang berpotensi sebagai sumber biodiesel. Hal ini disebabkan minyak nabati adalah bahan yang dapat diperbaharui. Pemanfaatan biodiesel dari bahan baku seperti minyak nabati memiliki keunggulan karena sifatnya yang ramah lingkungan (Supardi, dkk., 2010: 169), mudah diurai atau *biodegradable* (Nurdyaningrum dan Nasrudin, 2013: 47) serta tidak beracun (Bustaman, 2009: 48). Selain itu, emisi gas buang yang dihasilkan adalah hidrokarbon tak terbakar serta hasil pembakarannya lebih kecil dari solar sehingga tidak terlalu berdampak pada pemanasan global (Supardi, dkk., 2010: 169). Syarat dari minyak nabati yang digunakan dalam pembuatan biodiesel yaitu asam lemak bebas (ALB) yang terkandung harus dengan kadar yang rendah (<1%) (Devita, 2015: 24).

Tanaman yang dapat menghasilkan minyak dan dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel umumnya berasal dari tumbuhan berbiji. Berbagai macam tumbuhan telah diciptakan oleh Allah swt. untuk dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya, sebagaimana telah dijelaskan dalam QS al-Syu'ara'/26: 7-8 sebagai berikut:



 أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُؤْمِنِينَ ﴿٨﴾

Terjemahnya:

“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam pasangan (tumbuh-tumbuhan) yang baik? Sungguh pada yang demikian itu terdapat tanda (kebesaran Allah), tetapi kebanyakan mereka tidak beriman” (Kementerian Agama RI, 2011).

Dalam ungkapan “*Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi...*” tersebut tersirat makna bahwa sebenarnya suatu perkara tidak butuh lebih dari satu perhatian. Hati dan pikiran yang terkunci serta indra yang tidak peka digugah untuk melihat dan memperhatikan ciptaan Allah yang tersebar indah dan istimewa di sekeliling manusia. Semua ini dimaksudkan untuk memadukan antara alam semesta dan hati yang sama-sama hidup. Dengan kata lain, Allah dapat disaksikan dengan melihat ciptaan-Nya yang begitu indah dan istimewa. Kehadiran-Nya dapat dirasakan setiap memperhatikan keindahan dan keistimewaan-Nya (Sayyid Quthb, 2004: 325).

Tumbuh-tumbuhan itu mulia dengan segala kehidupan yang ada di dalamnya yang bersumber dari Allah Yang Maha Mulia. Ungkapan “*...Berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam pasangan (tumbuhan-tumbuhan) yang baik?*” mengisyaratkan kepada jiwa untuk menerima dan merespon ciptaan Allah swt. dengan sikap yang memuliakan, memperhatikan dan memperhitungkannya, bukan menghinakan, melalaikan dan meremehkannya (Sayyid Quthb, 2004: 325).

Berdasarkan tafsir Al-Misbah, ayat di atas mengundang manusia untuk mengarahkan pandangan hingga batas kemampuannya memandang hingga mencakup seantero bumi, dengan aneka tanah dan aneka keajaiban yang terhampar pada tumbuh-tumbuhan. Selain itu, juga mengisyaratkan bahwa tumbuh-tumbuhan pun memiliki pasangan-pasangan guna pertumbuhan dan perkembangannya yang dapat dilihat kapan saja, bagi siapa yang ingin menggunakan matanya. Karena itu, ayat di atas berawal dengan pertanyaan *apakah mereka tidak memperhatikan*. Pertanyaan yang mengandung makna keheranan terhadap mereka yang tidak memfungsikan matanya untuk melihat bukti yang sangat jelas (Quraish Shihab, 2002: 11-12).

Setiap jenis tanaman yang diciptakan oleh Allah swt. memiliki manfaat untuk manusia dan cara memanfaatkannya tergantung dari manusia itu sendiri. Apakah dimanfaatkan sebagai bahan pangan, papan maupun sandan. Sesungguhnya tidak ada ciptaan Allah swt. yang sia-sia sebagaimana telah dijelaskan dalam QS Shad/38: 27 sebagai berikut:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ۚ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا ۖ فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ
 كَفَرُوا مِنَ النَّارِ

Terjemahnya:

“Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya dengan sia-sia. Itu anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang yang kafir itu karena mereka akan masuk neraka” (Kementerian Agama RI, 2011).

Kata (بَاطِلًا) *baathilan* dapat berarti *sia-sia tanpa tujuan*, atau *dengan permainan*. Allah swt. menciptakan langit dan bumi juga semua yang ada di antara keduanya dengan tata aturan yang demikian indah dan rapi. Hal ini menunjukkan bahwa Allah swt. tidak main-main yakni tidak menciptakannya secara sia-sia tanpa arah dan tujuan yang benar (Quraish Shihab, 2002: 135-136).

Saat ini telah banyak penelitian yang memanfaatkan tanaman sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Salah satu tanaman yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel karena kandungan minyak yang dimilikinya adalah tanaman kelor.

Kelor adalah tanaman yang tersebar luas di daerah Indonesia. Kelor memiliki biji yang mengandung minyak sekitar 30-49 % berat kering (Nurdyaningrum dan Nasrudin, 2013: 47). Dilihat dari komposisinya, kelor tersusun atas asam lemak dan asam oleat tinggi (>70%) yang menjadikannya sebagai tanaman yang baik sebagai

bahan baku pembuatan biodiesel (Nasir, dkk., 2010: 30). Pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan salah satu proses reaksi yaitu transesterifikasi (Aqilah, 2013: 8). Namun apabila minyak nabati memiliki kadar asam lemak bebas yang tinggi maka perlu dilakukan dua tahap reaksi yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

Esterifikasi merupakan tahap konversi asam lemak bebas menjadi ester dengan mereaksikan asam lemak bebas dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol. Sedangkan transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati alkohol rantai pendek metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters/FAME*) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping.

Namun demikian, biodiesel dari minyak nabati tidak bisa digunakan secara langsung pada kendaraan karena dapat menimbulkan efek negatif, salah satunya korosi pada bagian-bagian mesin kendaraan (Haryono dan Marliani, 2014: 24-25). Hal ini karena biodiesel tersebut termasuk senyawa organik yang mudah mengalami kerusakan dan kestabilan yang menurun (Silviana dan Buchori, 2015: 49). Oleh karena itu, diperlukan zat antioksidan yang dapat mengurangi kerusakan atau ketidakstabilan terhadap biodiesel (Suaniti, 2017: 50).

Zat antioksidan berfungsi menangkal radikal bebas dan dapat diperoleh dari dalam dan luar sel (Sari, 2015: 1). Zat antioksidan dibedakan atas zat antioksidan alami dan zat antioksidan sintetik. Zat antioksidan alami dapat ditemukan dalam bahan alam misalnya tanaman (Sayuti dan Rina, 2015). Beberapa golongan senyawa bahan alam seperti polifenol, bioflavonoid (Dhianawaty dan Ruslin, 2015), vitamin C, vitamin E, beta karoten (Nurjanah, dkk., 2014) dan katekin (Martono dan Setiyono, 2014: 64) adalah senyawa yang termasuk zat antioksidan alami.

Penelitian penambahan zat antioksidan dalam biodiesel telah dilakukan oleh Sanjiwani (2015: 265) dengan menggunakan ekstrak kloroform kulit pisang kepok sebagai antioksidan dengan variasi konsentrasi 0.1; 0.2 dan 0.3 % b/v. Selain itu Suaniti, dkk., (2017: 49) juga melakukan penelitian menggunakan ekstrak metanol kulit buah manggis dengan variasi konsentrasi 0.01; 0.02 dan 0.03 % b/v. Namun penelitian mengenai penggunaan zat antioksidan alami untuk menjaga kestabilan biodiesel masih sangat minim sehingga perlu dikembangkan pemanfaatan zat antioksidan yang berasal dari ekstrak tanaman untuk diaplikasikan sebagai penstabil alami biodiesel. Sangat penting untuk menggali pengetahuan dan penelitian mengenai zat antioksidan yang terdapat dalam tanaman karena tanaman termasuk sumber zat antioksidan alami yang sangat potensial (Wicaksono dan Ulfah, 2017: 44). Salah satu tanaman yang berpotensi sebagai zat antioksidan adalah tanaman sirsak.

Sirsak termasuk tanaman yang berasal dari Amerika Selatan yang beriklim tropis. Daun sirsak berpotensi sebagai antioksidan karena mengandung senyawa bioaktif seperti tannin (Adri dan Wikanastri, 2013: 1), flavonoid (Budiarti, dkk., 2014: 1), polifenol, saponin (Kurniasih, dkk., 2015: 162) serta *acetogenin* (Siswarni, dkk., 2016: 1).

Aktivitas antioksidan daun sirsak telah dibuktikan oleh Baskar, dkk., (2006) dengan nilai IC_{50} (*Inhibitory Concentration*) sebesar 70 $\mu\text{g/mL}$. Putri (2012: 24) melakukan penelitian uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun sirsak dengan metode DPPH memperoleh nilai IC_{50} sebesar 18 ppm dan tergolong antioksidan yang sangat kuat. Kurniasih, dkk., (2015: 162) juga telah membuktikan potensi ekstrak metanol daun sirsak sebagai antioksidan dengan nilai IC_{50} sebesar 6.23 ppm.

Beberapa penelitian tersebut menegaskan bahwa daun sirsak termasuk antioksidan yang sangat kuat dilihat dari nilai IC_{50} yang dihasilkan tergolong rendah. Nilai IC_{50} berbanding terbalik dengan kemampuan suatu senyawa sebagai antioksidan. Semakin rendah nilai IC_{50} maka semakin kuat daya antioksidannya. Molyneux, 2004 menyatakan bahwa antioksidan sangat kuat jika nilai $IC_{50} < 50 \mu\text{g/mL}$, kuat jika $IC_{50} 50-100 \mu\text{g/mL}$, sedang jika $IC_{50} 101-150 \mu\text{g/mL}$, lemah jika $IC_{50} 151-200 \mu\text{g/mL}$ dan dinyatakan tidak aktif jika $IC_{50} > 200 \mu\text{g/mL}$.

Parameter kestabilan biodiesel ditinjau dari bilangan peroksida, kadar FFA dan angka asam. Bilangan peroksida yang tinggi mengindikasikan biodiesel mengalami reaksi oksidasi. Reaksi oksidasi ini disebabkan oleh asam lemak tidak jenuh yang terdapat pada biodiesel, sehingga biodiesel cenderung mengalami peningkatan angka asam. Anggraini (2007) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan antioksidan terhadap kestabilan biodiesel dengan menganalisis bilangan peroksida dan angka asam. Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan tersebut maka dilakukan penelitian penambahan zat antioksidan dari ekstrak etanol daun sirsak (*Annona muricata* L.) untuk peningkatan kestabilan biodiesel dari minyak biji kelor (*Moringa oleifera*).

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Berapa nilai konversi biodiesel dari minyak biji kelor?
2. Apakah zat antioksidan dari ekstrak etanol daun sirsak mampu meningkatkan kestabilan biodiesel dari minyak biji kelor?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menentukan nilai konversi biodiesel dari minyak biji kelor.
2. Menentukan nilai parameter kestabilan biodiesel dari minyak biji kelor yaitu bilangan peroksida, *free fatty acid* (FFA) dan angka asam.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai nilai konversi biodiesel dari minyak biji kelor.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kemampuan antioksidan dari ekstrak etanol daun sirsak dalam mempertahankan kestabilan biodiesel dari minyak biji kelor.
3. Sebagai referensi untuk penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan zat antioksidan alami dalam meningkatkan kestabilan biodiesel.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Krisis Energi*

Krisis energi dapat terjadi di negara manapun, baik itu di negara maju maupun negara berkembang karena disebabkan oleh meningkatnya laju pertumbuhan penduduk. Khususnya di Indonesia, pada tahun 2014 penduduknya mencapai 240 juta jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk mencapai 1.49% per tahun. Setiap tahunnya penduduk Indonesia bertambah hingga 5 juta jiwa sehingga dapat diperkirakan pada tahun 2025 jumlah penduduk Indonesia akan mencapai 321 jiwa (BKKBN, 2014). Meningkatnya populasi penduduk tentu akan berpengaruh pada ketersediaan energi yang semakin terbatas karena kebutuhan akan energi di segala sektor pengguna juga akan semakin meningkat.

World Energy Forum memprediksi bahwa tingkat konsumsi minyak bumi 85.4 juta barel minyak per hari menyebabkan cadangan sumber daya energi akan habis pada 10 dekade (Ritonga dan Giovani, 2016: 17). Perlu disadari bahwa kebutuhan energi Indonesia naik sekitar 7% per tahun, sehingga pada tahun 2025 mendatang diprediksikan bahwa dibutuhkan tambahan energi sekitar 180% (Menteri Pertambangan dan Energi, 1986).

Terbatasnya jumlah energi bahan bakar tidak semata-mata disebabkan oleh tingginya kebutuhan konsumen, tetapi juga karena laju pembentukan minyak yang sangat lama. Proses pembentukan minyak bumi dari organisme membutuhkan waktu berjuta-juta tahun dan lama-kelamaan akan habis. Hal ini menjadikan minyak sebagai sumber daya tak terbarukan. Kebutuhan pasar akan BBM meningkat sedangkan BBM hasil bumi menipis (Indriyanti, 2016: 288). Dari masalah krisis energi yang

terjadi tersebut pemerintah tergerak untuk mengembangkan energi alternatif terbarukan. Salah satu energi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan adalah biodiesel.

B. Biodiesel

1. Biodiesel Sebagai Energi Alternatif

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 25 tahun 2013 tentang penyediaan, pemanfaatan dan tata niaga bahan bakar nabati (*biofuel*) sebagai bahan bakar lain pada pasal 1 ayat 3 biodiesel (B100) adalah produk *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) atau *Mono Alkyl Ester* yang dihasilkan dari bahan baku hayati dan biomassa lainnya yang diproses secara esterifikasi.

Biodiesel menjadi salah satu prioritas dalam pengembangan energi terbarukan karena memiliki potensi sumber daya yang sangat besar di Indonesia. Hingga saat ini, pemerintah Indonesia telah mengeluarkan berbagai kebijakan dan peraturan yang bertujuan untuk mendukung pengembangan biodiesel. Sehubungan dengan pentingnya pengembangan biodiesel di Indonesia, pemerintah pada tanggal 25 Januari 2006 telah mengeluarkan Instruksi Presiden No. 1 Tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (*biofuel*) sebagai bahan bakar lain serta peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional.

2. Karakteristik Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkil ester dari rantai panjang asam lemak. Biodiesel termasuk bahan bakar dari sumber daya alam yang terbarukan misalnya minyak nabati dan hewani (Setiadji, dkk.,

2017: 2). Kandungan sulfur dan senyawa aromatik biodiesel yang rendah menyebabkan emisi gas buang yang dihasilkan lebih rendah dibanding bahan bakar dari sumber tak terbarukan seperti minyak bumi (Joelianingsih, dkk., 2016: 1).

Biodiesel memiliki beberapa parameter yang dijadikan sebagai standar kualitas atau syarat mutu. Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk Biodiesel dikeluarkan oleh BSN dengan nomor SNI 7182:2015 yang sudah merevisi SNI 04-7182-2006 dan SNI 7182:2012-Biodiesel. Adapun syarat mutu biodiesel tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182:2015

| No. | Parameter Uji | Persyaratan | Satuan, min/maks |
|-----|--|-------------|---------------------------------------|
| 1 | Massa jenis pada 40°C | 850-890 | kg/m ³ |
| 2 | Viskositas kinematik pada 40°C | 2.3-6.0 | mm ² /s (cSt) |
| 3 | Angka setana | 51 | Min. |
| 4 | Titik nyala (mangkok tertutup) | 100 | °C, min |
| 5 | Titik kabut | 18 | °C, maks |
| 6 | Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C) | Nomor 1 | |
| 7 | Residu karbon: | | |
| | - dalam contoh asli atau | 0.05 | %-massa, maks |
| | - dalam 10% ampas destilasi | 0.3 | |
| 8 | Air dan sedimen | 0.05 | %-vol, maks |
| 9 | Temperatur destilasi 90% | 360 | °C, maks |
| 10 | Abu tersulfatkan | 0.02 | %-masa, maks |
| 11 | Belerang | 50 | mg/kg, maks |
| 12 | Fosfor | 4 | mg/kg, maks |
| 13 | Angka asam | 0.5 | mg-KOH/g, maks |
| 14 | Gliserol bebas | 0.02 | %-massa, maks |
| 15 | Gliserol total | 0.24 | %-massa, maks |
| 16 | Kadar ester metil | 96.5 | %-massa, min |
| 17 | Angka iodium | 115 | %-massa(g-I ₂ /100g), maks |
| 18 | Kadar monogliserida | 0.8 | %-massa, maks |
| | Kestabilan oksidasi | | |
| 19 | - periode induksi metode rancimat, atau | 480 | Menit |
| | - periode induksi metode petro oksidasi | 36 | |

(SNI 7182:2015)

Salah satu penunjang utama dari kualitas atau mutu biodiesel itu sendiri tentu dilihat dari bahan bakunya. Bahan baku yang biasa digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah minyak nabati.

3. Bahan Baku Biodiesel

a. Minyak Nabati

Minyak nabati adalah minyak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Minyak nabati termasuk dalam golongan lipid, yaitu senyawa organik yang tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik. Minyak nabati dapat diperoleh dari beberapa tanaman seperti kelapa sawit, jarak pagar, kelapa, kapuk/randu nyamplung, minyak biji kelor dan sebagainya (Kuncahyo, 2013: 62).

Penelitian mengenai pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar diesel ternyata sejak lama telah dilakukan. Rudolph Diesel (1911) mengungkapkan keinginannya bahwa menurut azas pembakaran yang ia ciptakan, motor bakar harus bisa dijalankan dengan bebarbagai jenis bahan bakar berbasis minyak nabati. Peterson dan Thompson (1999) memanfaatkan 20% *rape seed* biodiesel untuk melakukan uji coba ketahanan bahan bakar kendaraan sejauh 100 mil di jalan raya. Sedangkan Bambang Sugianto (2002) melakukan pengujian *chassis dynamometer* pada mobil sedan dan menguji emisi gas buangnya dengan memanfaatkan bahan bakar dari minyak kelapa sawit (Handoyo, dkk., 2007: 58).

Tanaman sangat berpotensi dijadikan sebagai sumber energi seperti yang telah dijelaskan dalam QS Yaasiin/36: 80 sebagai berikut:

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنتُم مِّنْهُ تُوقِدُونَ ﴿٨٠﴾

Terjemahnya:

“Allah yang menjadikan api untukmu dari kayu yang hijau, maka seketika itu kamu nyalakan (api) dari kayu itu” (Kementerian Agama RI, 2011).

Pemandangan pertama yang sederhana akan meyakini kebenaran keajaiban ini! Keajaiban yang mereka sering lihat tetapi dalam keadaan lalai. Ajaib sekali, pohon yang hijau dan dialiri air, ketika diadu satu sama lain kemudian menghasilkan api. Setelah itu menjadi bahan bakar api. Padahal sebelumnya dia berwarna hijau dan basah (Sayyid Quthb, 2004: 405).

Sang Penciptalah yang meletakkan karakter ini dalam pohon itu. Dialah yang memberikan segala sesuatu sifat ciptaannya dan kemudian Dia memberikan petunjuk. Namun, kita tidak melihat hal-hal itu dengan mata yang terbuka ini, juga tidak merenungkannya dengan perasaan yang berkesadaran. Sehingga rahasia alam yang menakjubkan tak tersingkapkan bagi kita. Akibatnya, hal itu tak menunjukkan kita kepada Sang Pencipta wujud ini. Sedangkan jika kita membuka hati kita baginya, niscaya dia akan menampilkan rahasia-rahasianya. Dan kita hidup bersamanya dalam ibadah dan tasbih yang terus menerus kepada Allah! (Sayyid Quthb, 2004: 405-406).

Dan Allah-lah yang telah memulai penciptaan pohon dari air sehingga menjadi hijau segar. Kemudian, Dia kembalikan pohon itu sampai menjadi kayu bakar kering yang digunakan untuk menyalakan api. Dan barang siapa yang dapat melakukan ini, maka tidak sesuatu pun yang mampu mencegahnya. Karena, barang siapa yang dapat menyalakan api pada pohon yang hijau, sekalipun pohon itu mengandung air yang berlawanan dengan pembakaran, maka Dia tentu lebih kuasa untuk mengembalikan kesegaran pada barang-barang yang asalnya segar lalu menjadi kering dan hancur (Al-Maragi, 1992: 62).

Ayat di atas dipahami oleh sebagian ulama bahwa Allah menciptakan pohon yang hijau dan mengandung air, lalu Dia menjadikan kayu itu kering sehingga

manusia dapat menjadikannya kayu bakar. Jika dari sesuatu yang basah Dia dapat menjadikannya kering, maka demikian pula sebaliknya. Ada pun ilmuwan menjelaskan maksud dari ayat tersebut bahwa surya dapat berpindah ke dalam tumbuh-tumbuhan melalui proses asimilasi sinar. Dari sana kemudian terbentuk kayu yang pada dasarnya terdiri atas komponen kimiawi yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen (Quraish Shihab, 2009: 198-199).

Allah swt. menciptakan tanaman agar dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari seperti kayu yang menghasilkan api yang dapat dimanfaatkan sebagai energi panas untuk keperluan memasak dan lain sebagainya. Manfaat dari suatu tanaman sebagai sumber energi tidak hanya terletak pada kayu yang dapat menghasilkan api, tetapi juga dari minyak yang dihasilkan tanaman itu. Tanaman yang menghasilkan minyak telah dijelaskan oleh Allah swt. dalam QS al-Mu'minuun/23: 20 sebagai berikut:

وَشَجَرَةً تَخْرُجُ مِنْ طُورِ سَيْنَاءَ تَنْبُتُ بِالدُّهْنِ وَصِبْغٍ لِلْأَكْلِينَ

Terjemahnya:

“Dan (Kami tumbuhkan) pohon (zaitun) yang tumbuh dari gunung Sinai, yang menghasilkan minyak dan bahan pembangkit selera bagi orang-orang yang makan” (Kementerian Agama RI, 2011).

Pohon zaitun adalah pohon yang paling banyak manfaatnya mulai dari minyaknya, buahnya dan batangnya. Dan tempat tumbuhnya yang paling dekat ke tanah Arab adalah daerah Thursina, di lembah suci yang tercantum dalam Al-Qur'an. Oleh karena itu, tempat tumbuh ini disebut secara khusus. Pohon zaitun itu tumbuh di sana dengan air yang tersimpan dalam bumi dan di atasnya dia hidup (Sayyid Quthb, 2004: 200).

Dalam tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bahwa pohon kayu keluar dari Thursina, yakni pohon zaitun. **طُور** adalah nama gunung. Sebagian mereka mengatakan: ”disebut **طُور** karena di dalamnya terdapat pohon. Jika tidak terdapat pepohonan samasekali, maka tempat itu disebut *jabal* bukan *thur*. **طُورَسَيْتَاءَ** adalah *Thursinin* yang ia adalah pohon, tempat di mana Allah berfirman langsung kepada Musa bin ‘Imran dan gunung-gunung yang ada di sekitarnya, yang di dalamnya terhadap pohon zaitun. Firman-Nya **تَنْبُتُ بِالذُّهْنِ** “*Yang menghasilkan minyak.*” Sebagian mereka mengatakan bahwa “huruf *ba* merupakan tambahan yang perkiraan artinya *mengeluarkan minyak*” (Ghoffar, dkk., 2009: 348-349).

Tanaman yang yang biasa dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah tanaman yang dapat menghasilkan minyak. Beberapa tanaman berbiji biasanya dapat dimanfaatkan sebagai sumber minyak nabati untuk pembuatan biodiesel, salah satunya adalah minyak dari biji tanaman kelor.

b. Kelor (*Moringa oleifera*)

Kelor adalah tanaman yang dari daerah sub-Himalaya di India Barat Laut Afrika, Arabia, Asia Tenggara dan terdistribusi sampai ke Filipina, Kamboja dan Amerika Utara serta tersebar di wilayah Indonesia (Nasir, dkk., 2010: 30). Kelor bisa tumbuh di dataran rendah ataupun dataran tinggi serta di daerah berpasir dan juga sepanjang sungai (Sudaryanto, dkk., 2016: 16).

Tanaman kelor termasuk tanaman perdu yang memiliki ketinggian 7-11 meter. Tanaman kelor ini dapat tumbuh subur di dataran rendah hingga pada ketinggian 700 m di atas permukaan laut. Tanaman kelor juga dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, di daerah tropis dan subtropis serta tahan terhadap musim kering hingga 6 bulan (Aminah, 2015: 36).



Gambar 2.1 Buah dan Biji Kelor (Wordpress)

Menurut Nasir, dkk., (2010: 30) taksonomi tanaman kelor adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Subkingdom : Tracheobionta
 Divisio : Magnoliophyta
 Class : Magnoliopsida
 Subclass : Rosidae
 Ordo : Brassicales
 Family : Moringaceae
 Genus : *Moringa*
 Species : *Moringa oleifera*

Kelor memiliki bunga dengan warna yang berbeda-beda tergantung dari spesiesnya. Beberapa warna daun kelor, di antaranya warna putih, putih kekuningan maupun merah. Tudung pelepah bunganya beraroma semerbak dan memiliki warna hijau. Daunnya berukuran kecil, berbentuk bulat telur dengan pinggiran rata. Daun muda memiliki warna hijau muda sedangkan daun yang sudah tua berwarna hijau tua. Buah kelor berwarna hijau saat masih muda dan berwarna coklat pada saat sudah tua dengan bentuk segitiga dan panjang sekitar 20-60 cm. Biji kelor berbentuk bulat, berwarna hijau terang saat muda dan coklat kehitaman saat polong matang dan

kering. Berat biji kelor rata-rata sekitar 18-36 gram setiap 100 biji (Aminah, 2015: 37-38).

Pemanfaatan tanaman kelor di Indonesia biasanya hanya sebagai tanaman pagar, daunnya untuk bahan makanan dan obat, sedangkan bijinya untuk penjernihan air (Sudaryanto, dkk., 2016: 16). Setiap bagian tanaman kelor memiliki manfaat dan khasiat. Baik itu pada daun, akar, batang ataupun biji terdapat kandungan nutrisi tinggi sehingga bersifat fungsional untuk kesehatan (Aminah, dkk., 2015: 35). Selain itu, tanaman kelor mengandung zat kimia yang berpotensi untuk menyembuhkan penyakit (Widyanastuti dan Susilo, 2013: 49). Kandungan asam lemak dalam 100 g minyak biji kelor dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Kandungan Asam Lemak (g/100 g) Minyak Biji Kelor

| Asam Lemak | Rumus Kimia | Komposisi (%) |
|-------------------|--------------------|----------------------|
| Asam Palmitat | $C_{16}H_{32}O_2$ | 6.5 |
| Asam Palmitoleat | $C_{16}H_{30}O_2$ | 2.0 |
| Asam Stearat | $C_{18}H_{36}O_2$ | 6.0 |
| Asam Oleat | $C_{18}H_{34}O_2$ | 72.2 |
| Asam Linoleat | $C_{18}H_{32}O_2$ | 1.0 |
| Asam Arakidat | $C_{20}H_{40}O_2$ | 4.0 |
| Asam Gadoleat | $C_{20}H_{38}O_2$ | 2.0 |

(Azad, dkk., 2015: 604)

Manfaat kelor yang lain adalah sebagai bahan bakar alternatif yaitu biodiesel. Biji kelor mengandung minyak sebesar 30-49% berat kering (Nurdyaningrum dan Nasrudin, 2013: 47). Minyak biji kelor mengandung asam lemak sekitar 34.7%. Asam lemak tersebut antara lain adalah asam palmitat 9.3 %, asam stearat 7.4 %, asam behenat 8.6 % dan asam oleat 65.7%. Selain itu juga ditemukan miristat dan lognoserat (Widyanastuti dan Susilo, 2013: 49). Kandungan asam lemak jenuh yang tinggi tidak menjadikan minyak biji kelor termasuk dalam minyak makanan (Nurdyaningrum dan Nasrudin, 2013: 47).

Kualitas minyak dari biji-bijian dipengaruhi oleh kualitas dan kemurnian bahan baku, usia biji, kadar air serta perlakuan proses dan pasca proses. Biji kelor yang sudah tua menghasilkan minyak yang berkualitas dan kuantitas yang baik daripada minyak biji kelor yang muda (Nasir, dkk., 2010: 31). Berdasarkan kualitas tersebut, biji kelor dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Moringa oleifera Methyl Ester (Mome) biodiesel dapat dimanfaatkan sebagai pengganti yang cocok untuk minyak diesel. Sebagai perbandingan, kualitas bahan bakar mome dilakukan baik terhadap bahan bakar biodiesel lainnya berasal dari minyak nabati lainnya. Selain itu, sifat bahan bakar dari mome diamati berada dalam ASTM batas standar dan profil asam lemak dibandingkan dengan spesies lain. Namun, hasil kinerja mesin dan emisi yang sedikit lebih tinggi dari NOx dibandingkan dengan minyak diesel (John, dkk., 2015: 3574). Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan sifat bahan bakar mome.

Tabel 2.3 Sifat Bahan Bakar *Moringa oleifera Methyl Ester* (Mome)

| Satuan Properti | Satuan | ASTM D6751 | EN 14214 |
|--------------------------------|--------------------|------------------|------------------|
| Angka setana | | >47 | >51 |
| Viskositas kinematik pada 40°C | mm ² /s | 1.9-6.0 | 3.5-5.0 |
| Titik awan | °C | Tidak ditentukan | Tidak ditentukan |
| Titik tuang | °C | Tidak ditentukan | Tidak ditentukan |
| Nilai asam | mg KOH/g | <0.80 | <0.50 |
| Densitas pada 15°C | kg/m ³ | 870-900 | 860-900 |
| Titik nyala | °C | 130 min | 120 min |

(Aqilah, 2013: 12)

Pembuatan biodiesel dari minyak nabati paling umum dilakukan melalui proses reaksi transesterifikasi. Namun, jika minyak nabati memiliki kadar asam

lemak bebas yang tinggi maka dilakukan dua tahap reaksi yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

4. Esterifikasi dan Transesterifikasi

Esterifikasi adalah proses konversi dari asam lemak bebas menjadi ester (Sartika, dkk., 2015: 179). Reaksi esterifikasi merupakan reaksi antara asam lemak bebas dengan alkohol menghasilkan ester dan air. Reaksi esterifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan katalis padat (heterogen) dan katalis cair (homogen) (Hasahatan, dkk., 2012: 28).

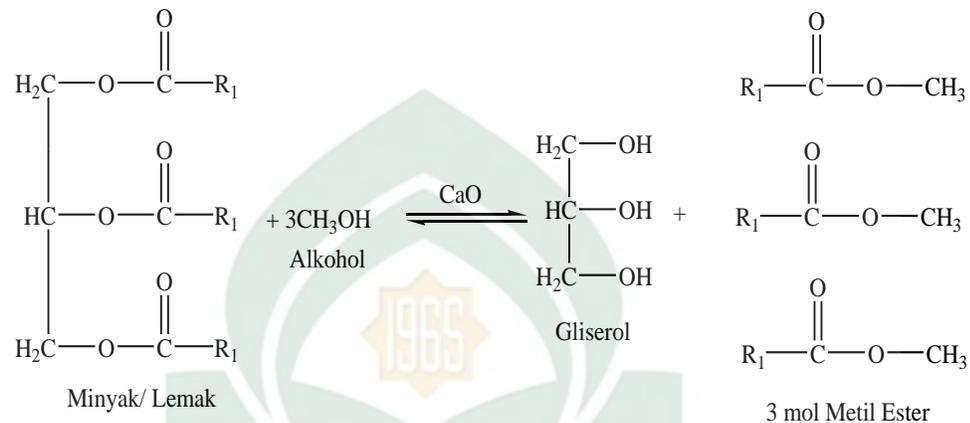


Gambar 2.2 Reaksi Esterifikasi
(Joelianingsih, 2006: 211)

Katalis-katalis yang cocok digunakan dalam reaksi esterifikasi adalah katalis asam-asam kuat (Soerawidjaja, 2006). Reaksi esterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung asam lemak bebas di atas 5% (Hasahatan, dkk., 2012: 28).

Transesterifikasi adalah reaksi dari lemak atau minyak dengan alkohol untuk membentuk biodiesel (Aqilah, 2013: 8). Transesterifikasi merupakan proses umum untuk memproduksi biodiesel di mana reaksi ini melibatkan konversi minyak nabati menjadi campuran metil ester asam lemak dengan adanya alkohol dan katalis pada suhu tertentu untuk membentuk ester asam lemak alkil (FAME) dan gliserol (Syahir dan Fyadlon, 2017: 16). Dengan kata lain, reaksi ini mengubah sebuah ester (minyak nabati atau lemak hewan) menjadi campuran ester dari asam lemak yang membentuk minyak atau lemak.

Selama proses ini, alkohol dipindahkan dari suatu ester oleh yang lain dalam proses yang sama dengan hidrolisis (John, dkk., 2015: 3574). Adapun reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Reaksi Transesterifikasi

Ada dua metode transesterifikasi, umumnya metode pertama menggunakan katalis dan tidak menggunakan katalis seperti proses superkritik dan *co-solvent* sistem. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali. Jenis katalis yang biasa digunakan antara lain seperti natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) (Aqilah, 2013: 8-10). Parameter utama yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi antara lain perbandingan molar alkohol dalam minyak, katalis konsentrasi, temperatur reaksi dan waktu, kandungan asam lemak bebas serta air dalam minyak (Saqib, dkk., 2012: 617).

Pada reaksi transesterifikasi, gliserin dikeluarkan dari minyak dan asam lemak bebas direaksikan dengan alkohol menjadi alkohol ester (*Fatty Acid Methyl Ester/FAME*) atau biodiesel. Alkohol yang umum digunakan untuk reaksi transesterifikasi adalah metanol karena harganya lebih murah dan lebih mudah untuk *direcovery*. Transesterifikasi merupakan suatu reaksi kesetimbangan. Reaksi

didorong bergerak ke kanan untuk menghasilkan *methyl ester* (biodiesel). Oleh karena itu perlu digunakan alkohol dalam jumlah yang banyak atau memisahkan salah satu produk hasil reaksi (Fitriani, 2016: 9).

5. Kelebihan dan Kekurangan Biodiesel

Biodiesel sangat penting keberadaannya dalam menghemat penggunaan bahan bakar konvensional seperti solar (Setiadji, dkk., 2017: 1). Biodiesel bermanfaat terutama untuk meminimalkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta mengurangi polusi udara (Bustaman, 2009: 48).

Menurut Devita (2015: 24) keunggulan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif antara lain:

- a) Angka setana tinggi sekitar lebih dari 50. Angka setana yang semakin tinggi menyebabkan pembakaran semakin cepat dan efisiensi termodinamisnya semakin baik.
- b) Titik nyala tinggi, di mana uap biodiesel dapat menyala pada suhu terendah. Hal ini membuat biodiesel semakin aman dari kebakaran saat penyimpanan atau pun pendistribusian.
- c) Dapat diuraikan dengan alami serta tidak ada kandungan sulfur dan benzena yang karsinogen.
- d) Dapat melumasi mesin dengan baik dibanding solar sehingga pemakaian mesin bisa berumur panjang.
- e) Mudah dicampur solar biasa pada banyak komposisi dan tidak perlu modifikasi mesin.
- f) Meskipun dalam solar ditambahkan hanya 1-5% biodiesel, secara signifikan dapat meminimalisir asap hitam dari gas buang mesin diesel.

Selain memiliki kelebihan, biodiesel juga memiliki kelemahan karena berasal dari bahan baku yang memiliki viskositas lebih tinggi dari bahan bakar fosil sebesar 20 kali. Hal inilah yang membuat atomisasi bahan bakar dalam ruang mesin diesel. Daya mesin menurun jika terjadi atomisasi yang kurang baik sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna (Bustaman, 2009: 48). Selain itu, biodiesel termasuk senyawa organik yang digolongkan mudah mengalami degradasi terutama jika disimpan dalam waktu yang lama pada kondisi tertentu. Degradasi biodiesel lebih umum disebabkan oleh terjadinya proses oksidasi (Silviana dan Buchori, 2015: 149).

Sifat fisik dan kimia biodiesel dapat rusak jika disimpan lama. Hal ini disebabkan oleh oksidasi asam lemak tak jenuh serta faktor eksternal seperti cahaya dan udara. Proses oksidasi akan meningkatkan keasaman pada biodiesel sehingga dapat menyebabkan korosi mesin. Hal tersebut dapat diatasi dengan menambahkan antioksidan pada biodiesel (Suaniti, 2017: 49).

C. *Zat Antioksidan*

Dalam istilah kimia, zat antioksidan adalah senyawa pendonor elektron. Sedangkan dalam istilah biologi adalah senyawa yang dapat mengurangi radikal bebas (Sayuti dan Yenrina, 2015: 7). Zat antioksidan merupakan senyawa atau zat penetral radikal bebas untuk melindungi tubuh dengan mengikat radikal bebas dan molekul reaktif yang berpotensi merusak sel (Budiarti, dkk., 2014: 1). Zat antioksidan menghambat oksidasi senyawa kimia serta melindungi komponen sel dengan menetralkan efek bahaya radikal bebas hasil alami metabolisme sel (Sari, 2015: 12).

Zat antioksidan berfungsi menghindari kerusakan sel-sel dengan memutuskan reaksi berantai radikal bebas. Zat antioksidan menetralkan radikal bebas dengan

mendonorkan satu elektron terhadap radikal bebas, sehingga menjadi tidak radikal (Faturrachman, 2014: 10). Radikal bebas adalah atom atau molekul yang memiliki satu atau lebih elektron tak berpasangan pada orbital luarnya dan berada dalam keadaan bebas. Radikal bersifat tidak stabil dan sangat reaktif karena memiliki elektron ganjil (Sari, 2015: 6).

Zat antioksidan memiliki mekanisme kerja untuk menghambat oksidasi lemak. Oksidasi lemak terdiri dari tahap inisiasi, propagasi dan terminasi. Tahap inisiasi adalah pembentukan radikal asam lemak sebagai turunan asam lemak yang sangat reaktif dan tidak stabil disebabkan hilangnya satu atom hidrogen. Tahap propagasi yaitu radikal asam lemak bergabung dengan oksigen kemudian membentuk radikal peroksi (Sayuti dan Yenrina, 2015: 69). Radikal peroksi selanjutnya menyerang asam lemak dan menghasilkan radikal asam lemak baru serta hidroperoksida. Hidroperoksida bersifat tidak stabil dan selanjutnya akan terdegradasi menghasilkan senyawa karbonil rantai pendek misalnya aldehid dan keton. Reaksi oksidasi lemak akan menuju tahap terminasi lewat reaksi antar radikal bebas tanpa adanya antioksidan sehingga akan membentuk kompleks non radikal (Putri, 2012: 9-10).

Aktivitas antioksidan derivat setiap senyawa berbeda tergantung dari substituenya. Senyawa akan menunjukkan aktivitas antioksidan yang baik bila mengandung gugus $-OH$ dalam jumlah lebih banyak dibandingkan dengan senyawa dengan jumlah gugus $-OH$ yang sedikit. Selain itu, aktivitas antioksidan yang lebih bagus juga karena adanya gugus metoksi ($-OCH_3$) dalam struktur senyawa (Saraswaty, dkk., 2013: 198).

Aktivitas antioksidan dapat diuji dengan beberapa metode yaitu metode DPPH, tiosianat, *xanthin oksidase* dan deoksiribosa (Putri, 2012: 11). Berdasarkan sumbernya, zat antioksidan dapat dibedakan atas dua, yaitu zat antioksidan alami dan zat antioksidan sintetik. Zat antioksidan alami dapat ditemukan dalam tanaman yang memiliki kandungan senyawa aktif sebagai antioksidan (Sayuti dan Yenrina, 2015: 31). Salah satu jenis tanaman yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi adalah tanaman sirsak.

Sirsak (*Annona muricata* L.) adalah jenis tanaman yang berasal dari Karibia, Amerika Tengah dan Amerika Selatan (Hermawan dan Laksono, 2013: 112). Sirsak dapat tumbuh di dataran rendah hingga pada ketinggian 1000 m, pertumbuhannya yang baik membutuhkan suhu yang hangat serta lembab (Aminah, 2016).



Gambar 2.4 Tanaman Sirsak (Wordpress)

Di antara bagian tanaman sirsak, daun adalah bagian yang memiliki jumlah besar dalam satu pohon (Handayani, dkk., 2016: 263). Daun sirsak mengandung senyawa bioaktif berupa tanin, flavonoid, polifenol dan saponin (Sumantri, 2016: 263). Selain itu, daun sirsak juga mengandung senyawa *acetogenin*, *annocatacin*, *annocatalin*, *annohexocin*, *annonacin*, *annomuricin*, *anomurine*, *anonol*, *caclourine*, *gentisic acid*, *gigantetronin*, asam linoleat dan *muricapentocin* (Kurniasih, dkk., 2015: 165).

Menurut Kurniasih, dkk., (2015: 165) taksonomi tanaman sirsak adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub Divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Polycarpiceae
Famili : Annonaceae
Genus : *Annona*
Spesies : *Annona muricata* Linn

Berdasarkan beberapa kandungan senyawanya, daun sirsak tergolong sebagai salah satu sumber antioksidan yang baik (Budiarti, dkk., 2014: 1). Adanya penambahan zat antioksidan alami dalam biodiesel akan meningkatkan kualitas dari biodiesel (Suaniti, 2017: 49).

D. Analisis Kualitas Biodiesel

Dalam menentukan kualitas biodiesel beberapa parameter yang dianalisis antara lain adalah densitas, viskositas, titik nyala asam lemak bebas/FFA, angka penyabunan, angka asam dan bilangan peroksida (Wahyuni, 2015: 5).

1. Asam Lemak Bebas/*Free Fatty Acid* (FFA)

Asam lemak bebas adalah kandungan asam lemak yang terdapat paling banyak dalam minyak tertentu (Nasir, 2010: 32). Kadar asam lemak bebas merupakan ukuran asam lemak yang terlepas dari ikatan ester yang penempatannya didasarkan pada asam lemak dominan dalam minyak (Widyanastuti dan Susilo, 2013: 53). Kadar asam lemak bebas dapat dijadikan

dasar untuk mengetahui umur minyak, kemurnian minyak, tingkat hidrolisis dan menemukan kemungkinan terjadinya kesalahan proses (Widyanastuti dan Susilo, 2013: 53).

2. Angka Asam

Angka asam adalah jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam lemak atau minyak. Angka asam dinyatakan sebagai jumlah mg KOH untuk menetralkan asam lemak bebas dalam 1 gram lemak atau minyak (Nasir, 2010: 32). Tinggi rendahnya angka asam ditentukan oleh kadar asam lemak bebas. Semakin tinggi kadar asam lemak bebas, maka semakin tinggi pula angka asamnya (Widyanastuti dan Susilo, 2013: 54).

3. Bilangan Peroksida

Pengukuran angka peroksida pada dasarnya mengukur kadar peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk pada tahap awal reaksi oksidasi lemak (Aminah, 2010: 9). Bilangan peroksida merupakan metode untuk menentukan tingkat oksidasi minyak dan mengukur pembentukan hidroperoksida dalam miliekuivalen oksigen aktif per kilogram sampel (Putri, 2015: 43). Bilangan peroksida yang tinggi mengindikasikan bahwa lemak atau minyak sudah mengalami oksidasi (Raharjo, 2006). Oksidasi lemak oleh oksigen terjadi secara spontan jika bahan berlemak dibiarkan kontak dengan udara, sedangkan kecepatan proses oksidasinya tergantung pada tipe lemak serta kondisi penyimpanan (Ketaren, 1986).

4. Angka Penyabunan

Angka penyabunan adalah parameter untuk menentukan berat molekul kasar dari lemak dan minyak ditentukan sebagai angka penyabunan (Nasir, 2010: 32). Minyak yang tersusun atas asam lemak rantai karbon pendek artinya memiliki berat molekul relatif kecil, sehingga angka penyabunan yang dimiliki adalah besar. Sebaliknya, jika berat molekul minyak besar berarti angka penyabunan relatif kecil. Angka penyabunan dinyatakan sebagai besarnya jumlah KOH untuk menyabunkan asam lemak bebas dalam 1 g sampel minyak (Sudarmadji, 1989).

5. Densitas

Densitas adalah kriteria penting untuk menentukan mutu dan kemurnian kandungan minyak. Umumnya berat jenis minyak berkisar antara 0.696 – 1.188 pada suhu 25°C. Nilai berat jenis minyak pada suhu 25°C/25°C adalah sebagai perbandingan antara berat minyak pada suhu 25°C dengan air pada volume air yang sama dengan volume minyak pada suhu 25°C. Piknometer adalah penetapan berat jenis yang praktis dan tepat digunakan, yang dilengkapi dengan sebuah kapiler dengan gelas penutup (Nasir, 2010: 32). Pengukuran berat jenis sebuah biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan piknometer ukuran 25 mL dan timbangan digital (Wahyuni, 2015: 5).

6. Viskositas

Viskositas dinyatakan sebagai ukuran penolakan sebuah fluida pada perubahan bentuk di bawah tekanan *shear*. Viskositas menggambarkan penolakan dalam fluida terhadap aliran dan sebagai suatu cara untuk mengukur gesekan fluida. Air memiliki viskositas rendah, sedangkan minyak nabati memiliki viskositas tinggi (Nasir, 2010: 32). Semakin tinggi viskositas, maka

semakin dan semakin sukar suatu biodiesel untuk mengalir. Pengukuran viskositas biodiesel disebut dengan viskositas kinematik. Satuan viskositas kinematik adalah *stoke* dan *centistoke*. Pengukuran viskositas kinematik dilakukan dengan metode yang dianjurkan dalam SNI yaitu ASTM D-445 yang menggunakan viskometer kapiler dan penangas (SNI 04-7182-2006) (Wahyuni, 2015: 5).

7. Titik Nyala

Titik nyala dinyatakan sebagai suhu terendah cairan dapat menghasilkan uap yang mudah terbakar yang dapat dinyalakan di udara oleh api di atas permukaannya. Secara eksperimental, titik nyala ditentukan dengan pemanasan wadah yang berisi cairan uji. Cairan yang diuji dikatakan mencapai atau melebihi titik nyala (ASTM D-445) jika pada wadah terjadi sebuah nyala (Wahyuni, 2015: 5).

E. Instrumen Identifikasi

1. *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Fourier Transform Infra Red (FTIR) adalah metode baku untuk menganalisis struktur molekul senyawa melalui identifikasi gugus fungsi dari suatu senyawa. (Sari, 2010: 12). FTIR adalah instrument yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi dalam hal ini adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk mendeteksi dan menganalisis hasil spektrumnya. Spektroskopi inframerah memiliki spektrum yang kompleks yang terdiri atas *peak-peak* sehingga berguna untuk identifikasi senyawa organik. Selain itu, penyerapan sinar inframerah dari setiap kelompok fungsional terletak pada frekuensi yang unik (Anam, dkk., 2007: 79-81).

Prinsip kerja dari FTIR yaitu jika sinar inframerah dilewatkan melalui sampel senyawa organik, maka terdapat sejumlah frekuensi yang diserap dan ada yang diteruskan atau ditransmisikan tanpa diserap. Serapan cahaya oleh molekul tergantung pada struktur elektronik dari molekul tersebut. Molekul yang menyerap energi tersebut terjadi perubahan energivibrasi dan perubahan tingkat energi rotasi (Suseno dan Sofjan, 2008: 23). Vibrasi yang terjadi pada suatu senyawa menyebabkan munculnya spektrum dalam bentuk pita berdasarkan ciri khas dari setiap gugus yang terkandung dalam senyawa tersebut. Secara umum, serapan yang sering muncul pada suatu senyawa organik dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Serapan pada Spektrum IR

| Gugus | Daerah Serapan (cm⁻¹) |
|---------------------------|---|
| C – H (sp ³) | 2960-2850 dan 1470-1350 |
| =C – H (sp ²) | 3100-3000 (s) dan 1000-700 (w) |
| C – H (aldehid/keton) | 2850-2600 |
| C = O | 1740-1670 |
| C – C (ester) | 1300-1080 |
| C – O – C | 1250-1080 |
| C – O | 1080-1300 |
| C = C (sp ²) | 1680-1640 |

(Silverstein, dkk., 2005)

2. *Gas Chromatography-Mass Spectrometric (GC-MS)*

GC-MS adalah alat instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi komponen-komponen senyawa dan massa molekul dari senyawa dalam suatu sampel. GC-MS telah digunakan dalam berbagai macam aplikasi analisis, termasuk analisis obat-obatan, pestisida, lingkungan hidup polutan, xenobiotik dan toksin (Bronz, dkk., 2012: 30). GC-MS terdiri kromatografi gas dan spektroskopi massa dengan prinsip kerja yang berbeda di antara keduanya.

Identifikasi menggunakan kromatografi gas dilakukan dengan cara sampel dimasukkan ke dalam ruang injeksi yang panas. Kemudian sampel dibawa oleh gas pembawa untuk dipisahkan melewati kolom. Fase diam secara selektif akan menahan komponen-komponen sesuai koefisien distribusinya kemudian akan dialirkan ke detektor yang memberi sinyal untuk dapat diamati pada sistem pembaca (Iswara, dkk., 2014: 21).

Sedangkan identifikasi spektrometri massa dengan data spektra massa standar yang tersimpan dalam kepustakaan instrument kromatografi gas-spektroskopi massa. Perbandingan dilakukan dengan melihat nilai SI atau indeks spektra senyawa yang ada pada komputer. Semakin tinggi nilai SI, maka senyawa itu akan semakin mirip dengan senyawa yang dianalisis. Sehingga dapat ditampilkan bahwa sampel tersebut sama dengan senyawa yang memiliki SI tertinggi dalam data komputer yang diberikan komputer. Dengan metode ini, maka alat kromatografi gas-spektrometer massa dapat digunakan untuk menentukan nama senyawa tanpa memerlukan senyawa standar yang digunakan dalam metode spiking pada kromatografi gas (Iswara, dkk., 2014: 22).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Oktober 2018 di Laboratorium Kimia Organik Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar. Analisis FTIR dilakukan di Laboratorium Riset, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Analisis GC-MS dilakukan di Laboratorium Forensik POLRI Makassar.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu spektrofotometer GC-MS *Agilent GC Tipe 7890 A MS Tipe 5975*, FTIR *Prestige-21 Shimadzu*, evaporator *heidolph vap value*, *hotplate stirrer bante instrument MS 400*, neraca analitik *kern*, oven kirin dan *memert*, tanur *heraeus*, kompor listrik *maspion*, rangkaian soxhlet *pyrex*, rangkaian destilasi *pyrex*, corong pisah *pyrex*, buret asam *pyrex*, buret basa *pyrex*, *viscometer ostwald*, piknometer *pyrex*, pemanas air, labu ukur *pyrex*, erlenmeyer *pyrex*, gelas kimia *pyrex*, pipet skala *pyrex*, termometer 150⁰C, statif dan klem, toples kaca, pengaduk kayu, batang pengaduk, spatula, pipet tetes *pyrex*.

2. Bahan

Simplisia yang digunakan adalah biji kelor yang berasal dari Pasar Biji Semarang dan Kecamatan Binamu Kabupaten Jeneponto serta daun sirsak yang berasal dari Kelurahan Bangkala Kecamatan Manggala Kota Makassar. Bahan kimia yang digunakan adalah amilum p.a *pudak scientific*, aquades (H₂O), asam

asetat glasial (CH_3COOH) p.a *intraco*, asam klorida (HCl) 37% p.a *merck*, asam sulfat (H_2SO_4) 98% p.a *merck*, aseton ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) teknis *merc*, etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) teknis *brataco*, indikator phenoftalein (PP) *merck*, metanol (CH_3OH) teknis *intraco*, kalium hidroksida (KOH) p.a *merck*, kalium iodida (KI) p.a *merc*, kloroform (CHCl_3) p.a *merck*, natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) teknis *intraco*, n-heksana (C_6H_{14}) teknis *brataco*, talk ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) *intraco* dan *Tert-Butilhidrokuinon* (TBHQ).

C. *Prosedur Kerja*

1. **Preparasi Sampel**

Sampel buah kelor dibersihkan dari kulitnya kemudian dipisahkan dari bijinya. Selanjutnya, biji kelor dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C . setelah itu, didinginkan dan digiling menjadi serbuk yang selanjutnya disebut simplisia. Ekstraksi dilakukan menggunakan soxhlet. Simplisia sebanyak 50 gram dibungkus dengan kertas saring dan dimasukkan ke dalam tabung sifon. Selanjutnya menambahkan pelarut n-heksan 400 mL kemudian diekstraksi selama 2-3 jam. Setelah itu, melakukan pemisahan pelarut dengan proses destilasi atau evaporasi.

2. **Penentuan Nilai Konversi Biodiesel**

a. **Analisis bilangan Asam**

1) **Standarisasi KOH**

Standarisasi KOH dilakukan dengan cara membuat larutan KOH 0.1 N pada labu ukur 100 mL. Selain itu, larutan HCl 0.1 N dibuat kemudian memasukkan larutan tersebut ke dalam buret asam 50 mL hingga tanda miniskus. Larutan KOH 0.1 N yang telah dibuat dimasukkan ke dalam erlenmeyer

sebanyak 20 mL. Tambahkan indikator PP sebanyak 3 tetes pada larutan KOH 0.1 N lalu menitrasi larutan tersebut. Selanjutnya, mencatat volume titrasi untuk perhitungan konsentrasi.

Rumus:

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

(Asriani, 2016: 26).

2) Penentuan Kadar FFA dan Angka Asam

Penentuan angka asam dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak KOH yang dibutuhkan untuk melakukan proses netralisasi minyak. Penentuan angka asam dilakukan dengan menimbang minyak biji kelor sebanyak 4 gram kemudian menambahkan etanol 96% sebanyak 10 mL. Memanaskan larutan selama 30 menit hingga mendidih dan biarkan dingin, kemudian titrasi larutan menggunakan KOH 0.1 N yang telah distandarisasi terlebih dahulu dengan menambahkan indikator PP sebanyak 5 tetes. Perubahan warna dari larutan tidak berwarna menjadi larutan warna merah muda menjadi tanda berhenti untuk menitrasi larutan. Mencatat volume hasil titrasi untuk perhitungan angka asam minyak biji kelor.

Rumus:

$$\text{Asam lemak bebas (\%)} = \frac{N \text{ KOH} \times Mr \text{ Minyak} \times V \text{ KOH}}{\text{Bobot Minyak}}$$

3) Penurunan Kadar FFA menggunakan Karbon Aktif

Karbon aktif digunakan untuk menurunkan kadar *Free Fatty Acid* (FFA) pada minyak. Dilakukan dengan cara menimbang karbon sebanyak 100 gram lalu

diaktivasi selama 2 jam dalam oven pada suhu 105°C. Setelah itu, karbon aktif dihaluskan menggunakan belender lalu dicampurkan sebanyak 10 gram/ 200 mL minyak biji kelor dalam perbandingan 1:20. Kemudian diaduk selama 30 menit lalu disaring sebanyak 2 kali menggunakan kertas karing dan pada saringan ketiga menggunakan kertas saring whatman No.42. kemudian dilakukan penentuan kadar FFA dan angka asam (Asriani, 2016).

b. Pembuatan Biodiesel

1) Esterifikasi

Esterifikasi dilakukan dengan cara minyak biji kelor yang telah dimurnikan ditimbang sebanyak 264.2 gram kemudian dicampurkan dengan metanol sebanyak 192 gram dan asam sulfat pekat sebanyak 0.8617 mL. Campuran tersebut kemudian direaksikan dengan menggunakan *hotplate stirrer* selama 60 menit dengan suhu 64°C. Selanjutnya campuran hasil reaksi dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam lalu dipisahkan antara fase atas dan fase bawah.

2) Transesterifikasi

Transesterifikasi dilakukan dengan cara minyak biji kelor hasil esterifikasi ditimbang sebanyak 184.9 gram ke dalam gelas kimia. Selanjutnya membuat larutan metoksi dengan cara kalium hidroksida pekat ditimbang sebanyak 1.8536 gram dan dilarutkan dalam metanol sebanyak 134.4 gram (larutan metoksi). Larutan metoksi kemudian ditambahkan ke dalam minyak biji kelor dan direaksikan dalam *hotplate stirrer* selama 60 menit. Hasil reaksi kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam. Setelah didiamkan, dilakukan pemisahan antara lapisan atas dan lapisan bawah.

3) Pemurnian Biodiesel

Proses pemurnian biodiesel dilakukan dengan menggunakan talk yang telah diaktivasi. Biodiesel ditambahkan dengan talk sebanyak 1% dari berat biodiesel, kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 20 menit. Hasil tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring whatman No.42 sehingga di peroleh biodiesel murni (Yuliana, 2017: 27).

Perhitungan nilai konversi biodiesel:

$$\% \text{ Biodiesel} = \frac{\text{Bobot Biodiesel}}{\text{Bobot Minyak}} \times 100\%$$

3. Identifikasi Komponen Biodiesel

a. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

Pastikan semua alat terhubung dengan arus listrik. Mengaktifkan rangkaian alat FTIR. Sebelum menginjek sampel, lakukan standarisasi alat dengan cara pastikan pena atau pencatat *recorder* pada posisi 4000 nm. Mengatur panjang gelombang pada posisi 4000 nm. Tempatkan kalibrasi pada tempatnya. Diamkan hingga muncul lampu warna hijau pada monitor dan melakukan *scanning*. Setelah proses kalibrasi selesai, keluarkan plat kaca yang digunakan untuk wadah sampel dari FTIR. Teteskan sampel diantara plat NaCl yang kemudian dimasukkan ke dalam plat kaca. Masukkan plat kedalam FTIR kemudian senyawa akan teridentifikasi.

b. Analisis Komponen dan Konsentrasi Menggunakan GC-MS

1) Preparasi Sampel

Masukkan sampel ke dalam tabung reaksi, tambahkan 1 mL n-heksana untuk mengekstrak biodiesel dari sampel dan alkohol. Tambahkan 3 mL larutan NaCl jenuh untuk memperjelas pemisahan antara ekstrak dan alkohol. Pindahkan

bagian n-heksana (fase atas) ke dalam botol vial, kemudian menambahkan Na_2SO_4 anhidrat untuk mengikat air sehingga mencegah adanya air didalam sampel yang diuji. Memasukkan sampel uji ke dalam botol vial kedua dan pastikan Na_2SO_4 anhidrat tidak ikut tercampur. Sampel siap dianalisis.

2) Analisis dengan GC-MS

Aktifkan alat GC-MS dan atur seluruh komponen yang terkait. Atur tampilan analisis, pilih sampel *login* pada *monitor* sementara menunggu GC dan MS pada *monitor* dalam keadaan *ready*. Injek sampel sebanyak $1\mu\text{L}$ ke dalam *autoinjector*. Jika grafik telah terlihat datar, analisis GC dapat dihentikan dengan mengklik stop pada monitor. Puncak grafik diidentifikasi akan menunjukkan komponen yang paling mirip dari beberapa komponen dari bobot molekul serta tinggi intens *peaknya*.

4. Analisis Sifat Fisik

a. Penentuan Densitas

Menimbang piknometer yang telah bersih dan kering. Mengisi piknometer hingga tanda batas dengan aquades (H_2O). Mengimpitkan dan mencatat berat penimbangan. Perlakuan yang sama dilakukan pada sampel yaitu menimbang piknometer kosong yang telah berisi biodiesel. Mengimpitkan dan mencatat hasil berat penimbangan.

Perhitungan:

| | |
|----------------------------|--------------|
| Bobot piknometer kosong | : a gram |
| Bobot piknometer + akuades | : b gram |
| Bobot akuades | : (b-a) gram |
| Bobot piknometer kosong | : a gram |

Bobot piknometer + biodiesel : c gram

Bobot Biodiesel : (c-a) gram

Perhitungan bobot jenis/ gravitas spesifik (Sg^t):

$$Sg^t \text{ sampel} = \frac{(c-a)\text{gram}}{(b-a)\text{gram}}$$

Perhitungan kerapatan/ densitas air (d^t_{aq}) suhu kamar, t°C

$$d_{aq}^t = 0,99740 \text{ g/cm}^3$$

Perhitungan kerapatan/ densitas (d^t₄)

$$d^t_4 = Sg^t \times d_{aq}^t$$

(Asriani, 2016: 29).

b. Penentuan Viskositas

Mengisi ke dalam *viscometer oswald* yang bersih dan kering pada sisi kanan dengan akuades. Memasukkan *viscometer oswald* ke dalam penangas air berupa gelas kimia dilengkapi dengan termometer untuk mengukur suhu hingga berada pada suhu 40°C. Menghisap zat cair melalui pipa kiri dengan bantuan bulb. Zat mengalir dari tanda b hingga a. Mencatat waktu yang diperlukan zat untuk mengalir dengan menggunakan *stopwatch*. Melakukan perlakuan yang sama untuk mengukur viskositas sampel biodiesel.

Perhitungan :

η_1 = koefisien viskositas zat cair

η_2 = koefisien viskositas sampel

ρ_1 = kerapatan zat cair

ρ_2 = kerapatan sampel

t₁ = waktu alir zat cair

t₂ = waktu alir sampel

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

(Asriani, 2016: 30).

c. Uji Titik Nyala

Menuang sampel ke dalam cawan porselin yang bersih dan kering. Menggantung termometer dengan ujung termometer mengenai sampel namun tidak menyentuh dasar cawan porselin. Pemanasan dilakukan dengan kenaikan suhu yang konstan. Lidi digunakan sebagai alat bantu kemudian dibakar, lalu diletakkan di permukaan sampel. Mencatat suhu yang dihasilkan oleh sampel dengan membaca termometer saat terjadi nyala (Asriani, 2016: 31).

5. Ekstraksi Daun Sirsak

Daun sirsak yang sudah dipetik dipotong kecil-kecil lalu dikering anginkan selama beberapa hari. Selanjutnya daun sirsak yang telah kering ditimbang sebanyak 100 gram dan dimaserasi dengan etanol 96% dalam toples kaca selama 7 x 24 jam dengan beberapa kali pengadukan. Setelah itu, hasil maserasi disaring untuk memisahkan ampas dan filtratnya. Kemudian filtrat diuapkan dengan alat evaporator sehingga diperoleh ekstrak kental etanol daun sirsak. Ekstrak etanol daun sirsak yang diperoleh kemudian ditimbang.

6. Penambahan Ekstrak Etanol Daun Sirsak ke dalam Biodiesel

Biodiesel ditambahkan ekstrak etanol daun sirsak dengan variasi konsentrasi 0.01 %, 0.02%, 0.03%, 0.04% dan 0.05% b/v kemudian diberi label A₁, A₂, A₃, A₄ dan A₅. Selanjutnya biodiesel ditambahkan antioksidan sintetik TBHQ diberi label B dengan konsentrasi 0.01% dan biodiesel tanpa antioksidan diberi label A₀. Kemudian biodiesel tersebut disimpan dalam botol kaca bening dan ditutup dengan kain kasa

selama 2 minggu pada suhu kamar. Dilakukan pengujian terhadap bilangan asam dan bilangan peroksidanya.

7. Uji Kestabilan Biodiesel

a. Penentuan Kadar FFA dan Angka Asam

Penentuan angka asam dilakukan dengan memipet biodiesel sebanyak 2 mL kemudian menambahkan etanol 96% sebanyak 2 mL. Memanaskan larutan selama 30 menit hingga mendidih dan biarkan dingin, kemudian titrasi larutan menggunakan KOH 0.1 N yang telah distandarisasi terlebih dahulu dengan menambahkan indikator PP sebanyak 5 tetes. Perubahan warna dari larutan tidak berwarna menjadi larutan warna merah muda sebagai tanda berhenti untuk menitrasi larutan. Mencatat volume hasil titrasi untuk perhitungan angka asam biodiesel.

Rumus:

$$\text{Angka Asam} = \frac{\text{Mr Minyak} \times N \text{ KOH} \times V \text{ KOH}}{\text{Bobot Minyak}}$$

b. Penentuan Bilangan Peroksida

Sebanyak 0.5 mL biodiesel yang telah ditentukan densitasnya dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya ditambahkan campuran asam asetat glasial dan kloroform sebanyak 5 mL dengan perbandingan 3:2 dan digoyangkan agar terlarut sempurna. Setelah larut ditambahkan dengan 0.25 mL KI jenuh dan didiamkan selama 2 menit, kemudian ditambahkan 5 mL air suling. Campuran ditambahkan dengan indikator amilum 1% sebanyak 5 tetes kemudian dititrasi dengan larutan standar $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ sampai warna kuning kehitaman hilang. Pengerjaan ini dilakukan 2 kali.

Perhitungan :

$$\text{Bilangan peroksida (meq peroksida/ 1000g biodiesel)} = \frac{V \times N \times 1000}{G}$$

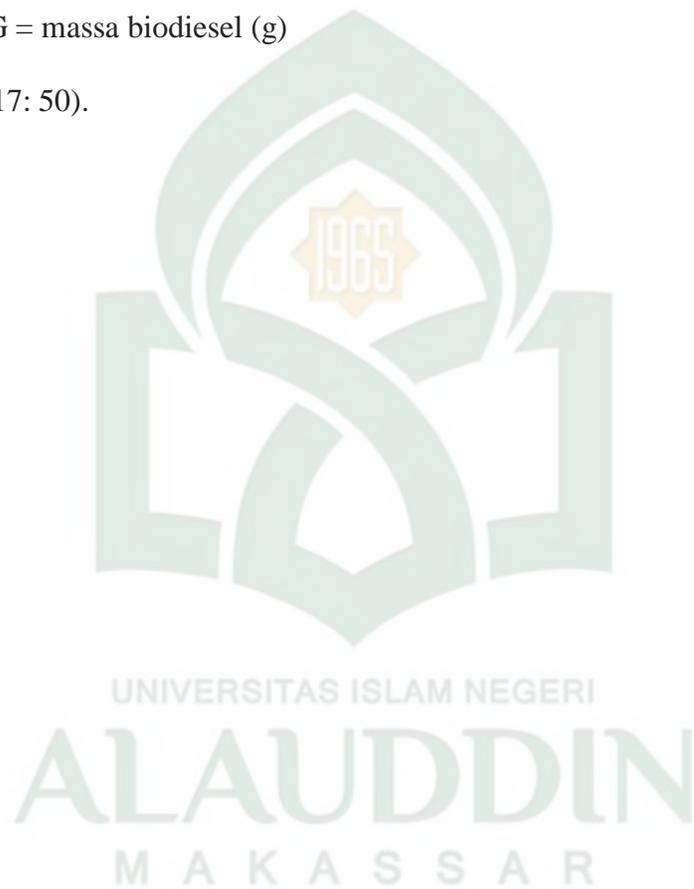
Ket:

V = volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk titrasi (mL)

N = normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

G = massa biodiesel (g)

(Suaniti, 2017: 50).



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan

1. Kadar FFA Minyak Biji Kelor

Minyak biji kelor yang diperoleh, dimurnikan dan diesterifikasi. Selanjutnya ditentukan kadar asam lemak bebasnya. Adapun hasil penentuan kadar asam lemak bebas yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Kadar *Free Fatty Acid* (FFA) Minyak Biji Kelor

| Perlakuan | FFA (%) | SNI |
|-------------------|---------|------------|
| Sebelum Pemurnian | 5.31 | $\leq 2\%$ |
| Setelah Pemurnian | 2.80 | $\leq 2\%$ |
| Esterifikasi | 0.39 | $\leq 2\%$ |

2. Nilai Konversi Biodiesel

Minyak biji kelor hasil esterifikasi dilanjutkan pada proses transesterifikasi atau sintesis biodiesel dengan perbandingan minyak dan mol (1:6) menghasilkan biodiesel murni dengan nilai konversi sebesar 82.53%.

3. Identifikasi Komponen Biodiesel

a. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

Biodiesel murni yang diperoleh pada penelitian ini diidentifikasi dengan menggunakan alat FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam biodiesel. Adapun hasil identifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai Serapan dari Vibrasi Regang Gugus Senyawa Biodiesel

| Tipe Vibrasi | Rentang Serapan (cm⁻¹) | Serapan (cm⁻¹) |
|---------------------------------|--|----------------------------------|
| Regang | | |
| O-H | 3800-2700 | 3449.21 |
| C-H (<i>sp</i> ³) | 2960-2850 | 2926.08; 2854.79 |
| =C-H (<i>sp</i> ²) | 1000-700 (w) | 723.42 |
| C=C | 1667-1640 | 1654.90 |
| C=O | 1750-1735 (s) | 1744.49 |
| C-O asimetrik | 1300-1000 (m) | 1245.82; 1197.15; 1170.95 |

Keterangan: s = strong, m = medium w = weak, (Sumber: Silverstein, dkk., 2005)

b. Analisis Komponen dan Konsentrasi Menggunakan GC-MS

Selain identifikasi gugus fungsi, identifikasi lain yang juga dilakukan pada penelitian ini adalah identifikasi komponen dan kadar dari biodiesel dengan menggunakan alat GC-MS. Komponen dan kadar yang terdapat dalam biodiesel minyak biji kelor dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Waktu Retensi dan Luas Puncak dari Komponen Biodiesel

| Waktu Retensi (Menit) | Luas Puncak (%) | Prediksi Komponen |
|------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 20.130 | 3.80 | Metil Palmitoleat |
| 20.374 | 16.86 | Metil Palmitat |
| 22.057 | 45.38 | Metil Oleat |
| 22.332 | 11.20 | Metil Stearat |
| 23.946 | 5.18 | Metil Arakidat |
| 25.535 | 6.37 | Metil Behenat |

4. Karakteristik Fisik Biodiesel

Biodiesel yang diperoleh dari proses transesterifikasi kemudian dimurnikan dan dilakukan pengujian nilai densitas, viskositas, dan titik nyala yang merupakan bagian dari beberapa karakteristik biodiesel. Pengujian ini dilakukan sebagai parameter untuk mengetahui biodiesel yang diperoleh sesuai dengan SNI. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh hasil seperti yang terdapat dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Karakteristik Fisik Biodiesel

| No. | Jenis Uji | Nilai | Standar SNI |
|-----|-------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1. | Densitas | 0.8569 g/cm ³ | 0.85-0.89 g/cm ³ |
| 2. | Viskositas | 4.7106 dyn.s/cm ² | 2.3-6.0 dyn.s/cm ² |
| 3. | Titik nyala | 150 °C | 100-190 °C |

5. Analisis Kestabilan Biodiesel

Biodiesel murni yang telah diketahui densitasnya kemudian diuji lebih lanjut kadar FFA, angka asam dan bilangan peroksidanya sebelum penambahan zat antioksidan, tanpa penambahan zat antioksidan, setelah penambahan zat antioksidan dengan berbagai variasi konsentrasi. Antioksidan yang digunakan adalah antioksidan alami dan sintetik. Pengujian ini dilakukan sebagai parameter kestabilan biodiesel. Adapun hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai Parameter Kestabilan Biodiesel

| No. | Sampel | FFA (%) | Angka Asam (mg-KOH/g) | Bilangan Peroksida (meq peroksida/100 g) |
|-----|--------------------------|---------|--------------------------|---|
| 1. | Biodiesel A | 0.75 | 1.6039 | 93.3597 |
| 2. | Biodiesel A ₀ | 0.94 | 2.0049 | 116.6997 |
| 3. | Biodiesel A ₁ | 0.22 | 0.4811 | 23.3399 |
| 4. | Biodiesel A ₂ | 0.37 | 0.8019 | 70.0198 |
| 5. | Biodiesel A ₃ | 0.37 | 0.8019 | 46.6798 |
| 6. | Biodiesel A ₄ | 0.37 | 0.8019 | 46.6798 |
| 7. | Biodiesel A ₅ | 0.56 | 1.2029 | 46.6798 |
| 8. | Biodiesel B | 0.37 | 0.8019 | 46.6798 |

B. Pembahasan

1. Preparasi Minyak Biji Kelor

Preparasi minyak biji kelor dilakukan dengan beberapa tahap yaitu proses pemisahan biji dari kulitnya, pengeringan, ekstraksi dengan pelarut dan penguapan pelarut. Pengeringan sampel dilakukan di dalam oven selama kurang lebih 6 jam untuk menghilangkan kadar air yang terdapat dalam sampel. Penghilangan kadar sangat penting dilakukan agar tidak mempengaruhi rendamen dan kualitas dari minyak yang akan dibuat menjadi biodiesel. Kandungan air yang tinggi akan menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis yang akan mempengaruhi produk biodiesel.

Sebelum dilakukan proses ekstraksi, biji kelor yang telah kering dihaluskan terlebih dahulu untuk memudahkan proses ekstraksi. Proses pengecilan ukuran dapat memperluas permukaan sampel sehingga memudahkan pelarut untuk

mengekstrak bahan. Metode ekstraksi yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode sokletasi. Sesuai dengan yang diinformasikan oleh Kataren (1986) bahwa metode sokletasi merupakan metode yang paling efektif untuk mengekstrak minyak karena hampir 99% minyak dalam sampel dapat diekstrak.

Metode sokletasi ini telah dilakukan oleh Nasir, dkk., (2010: 33) dalam penelitiannya mengenai pemanfaatan ekstrak minyak biji kelor (*Moringa oleifera*) untuk pembuatan bahan bakar nabati. Penelitian tersebut menghasilkan minyak paling banyak 35.83% dengan volume pelarut n-heksan 400 mL, bobot biji kelor 50 gram dan proses reaksi selama 120 menit.

Ekstraksi minyak biji kelor dilakukan dengan menggunakan pelarut n-heksan karena sifatnya yang non-polar sehingga dapat menarik minyak dari sampel. Proses penguapan pelarut dari sampel dilakukan dengan menggunakan alat evaporator agar minyak dapat terpisah dari pelarutnya. Hasil penguapan disaring untuk menghilangkan sisa-sisa pengotor dan diuapkan lebih lanjut dalam lemari asam.

Minyak yang telah dihasilkan dikontakkan dengan arang aktif yang telah dihaluskan dan diaktivasi. Penggunaan arang aktif berfungsi untuk memurnikan dan mengurangi potensi ketengikan pada minyak serta menurunkan angka asam. Minyak yang telah dikontakkan dengan arang aktif kemudian disaring sebanyak 3 kali penyaringan dengan kertas saring biasa pada penyaringan pertama dan ke-2 kemudian kertas saring whatman no. 42 pada penyaringan ke-3 untuk menghasilkan minyak murni tanpa kandungan arang aktif dan pengotor yang lain.

2. Kadar *Free Fatty Acid* (FFA)

Pengujian pendahuluan yang dilakukan pada minyak biji kelor sebelum dilanjutkan pada proses sintesis biodiesel adalah penentuan kadar FFA. Penentuan kadar FFA sangat perlu dilakukan untuk mengetahui apakah minyak yang akan digunakan sudah memenuhi syarat untuk sintesis biodiesel. Menurut Widyanastuti dan Susilo (2013: 48) kadar FFA minyak biji kelor sekitar 2.49-2.68%. Sedangkan menurut Nasir (2010: 29) kadar FFA minyak biji kelor adalah 2.05-4.77 %. Kadar FFA yang terlalu tinggi cenderung mengakibatkan terjadinya proses penyabunan yang dapat mempengaruhi rendaman dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Kadar FFA menurut SNI 7182-2015 yaitu $\leq 2\%$.

Penentuan kadar FFA dalam minyak biji kelor dilakukan dengan menitrasi minyak menggunakan KOH yang telah distandarisasi serta *phenoptalein* sebagai indikator untuk mengetahui titik akhir titrasi yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna. Sebelum dilakukan proses titrasi, terlebih dahulu minyak ditambahkan etanol dan dipanaskan. Penggunaan etanol berfungsi untuk melarutkan minyak sehingga memudahkan proses titrasi dan pemanasan bertujuan untuk mempercepat proses kelarutan minyak dan etanol.

Jumlah KOH yang digunakan pada saat proses titrasi menentukan kadar FFA yang terdapat dalam sampel. Setelah dilakukan perhitungan, maka dapat diketahui bahwa kadar FFA minyak biji kelor sebelum pemurnian adalah 5.39% dan setelah pemurnian 2.80%. Kadar FFA tersebut belum memenuhi syarat SNI untuk dilanjutkan pada tahap sintesis biodiesel. Oleh karena itu, sebelum dilanjutkan ke tahap sintesis biodiesel/transesterifikasi maka dilakukan proses esterifikasi.

3. Esterifikasi

Esterifikasi dilakukan sebagai proses pendahuluan untuk mengkonversikan FFA menjadi metil ester sehingga mengurangi kadar FFA yang masih tersisa dalam minyak setelah pemurnian dengan arang aktif. Proses esterifikasi dilakukan dengan cara mereaksikan minyak dan metanol dengan perbandingan 1:6 dan menggunakan katalis asam sulfat 0.6% dari berat minyak. Kadar FFA minyak biji kelor setelah melalui proses esterifikasi mengalami penurunan menjadi 0.39%. Hal ini menunjukkan bahwa minyak biji kelor hasil esterifikasi dapat dilanjutkan ke tahap sintesis biodiesel/transesterifikasi.

4. Transesterifikasi

Minyak biji kelor hasil esterifikasi telah memenuhi standar untuk dilanjutkan ke tahap transesterifikasi karena memiliki kadar FFA di bawah 2%. Transesterifikasi dilakukan dengan mereaksikan minyak dan alkohol dengan katalis basa. Keberhasilan dari proses transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, kecepatan pengadukan, rasio molar minyak dan alkohol, katalis dan waktu reaksi.

Alkohol yang digunakan dalam penelitian ini adalah alkohol rantai pendek seperti metanol. Penggunaan metanol lebih umum digunakan karena metanol lebih mudah bereaksi dibandingkan etanol. Proses transesterifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan mereaksikan minyak dengan metanol pada perbandingan 1:6 menggunakan katalis basa kalium hidroksida (KOH) sebanyak 1% dari bobot minyak. Proses reaksi dilakukan dengan menggunakan *hotplate stirrer* pada suhu 60°C. Prihanto dan Irawan (2017: 30) telah menyimpulkan bahwa kondisi terbaik pembuatan biodiesel adalah pada perbandingan mol minyak dan metanol sebesar 1:6, konsentrasi KOH 1.0 % dan suhu reaksi 60°C dengan perolehan *yield*

biodiesel sebesar 87.3%. Riskayanti (2016) melakukan transesterifikasi dengan perbandingan mol minyak dan metanol 1:6 dan memperoleh nilai konversi etil ester tertinggi yaitu 70.55% dengan waktu reaksi 60 menit.

Reaksi transesterifikasi dipercepat dengan bantuan alat *hotplate stirrer* yakni sistem pengadukan/pencampuran dengan menggunakan suhu tertentu. Hasil reaksi transesterifikasi didiamkan dalam corong pisah selama 24 jam. Penyimpanan selama 24 jam dilakukan untuk memastikan bahwa biodiesel dan gliserol terpisah dengan baik. Metil ester atau biodiesel yang terbentuk kemudian dimurnikan dengan talk.

5. Pemurnian Biodiesel

Biodiesel yang telah dipisahkan dari gliserol selanjutnya dimurnikan untuk menghilangkan zat pengotor atau komponen-komponen yang tidak diinginkan seperti residu katalis serta sisa-sisa gliserol. Metode pemurnian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *dry washing* (pencucian kering). Penggunaan metode ini lebih efektif karena tidak membutuhkan waktu yang lama dan tidak membutuhkan biaya yang banyak jika dibandingkan dengan metode *water washing* atau pemurnian dengan air. Metode ini telah dilakukan oleh Nurdyaningrum dan Nasrudin (2013: 48) pada penelitiannya dengan menggunakan adsorben bentonit untuk memurnikan biodiesel dari minyak biji kelor. Terbukti dari penelitian tersebut bahwa metode *dry whasing* telah meningkatkan kualitas biodiesel.

Selain adsorben bentonit, adsorben lain yang juga biasa digunakan untuk memurnikan biodiesel adalah magnesium silikat atau magnesol ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$) atau biasa dikenal dengan talk. Yuliana (2017) telah melakukan pemurnian

biodiesel dari minyak *Crude Palm Oil* (CPO) menggunakan talk sebagai adsorben. Talk berperan menggantikan air dalam menyerap kontaminan yang terdapat dalam biodiesel. Jumlah talk yang ditambahkan ke dalam biodiesel pada penelitian ini adalah sebanyak 1% dari bobot biodiesel yang akan dimurnikan.

Pengadukan campuran biodiesel dan talk dilakukan dengan bantuan magnetik stirer dan disaring dengan menggunakan kertas saring whatman no. 42 untuk menghasilkan biodiesel yang benar-benar murni tanpa kandungan talk. Biodiesel yang telah melalui tahap pemurnian memiliki warna yang lebih terang, lebih jernih dan lebih transparan dari biodiesel tanpa pemurnian. Adapun nilai konversi biodiesel murni yang dihasilkan adalah 82.53%. Biodiesel murni ditentukan kadar FFA, angka asam dan bilangan peroksidanya sebagai pengujian awal sebelum dilakukan penambahan antioksidan. Adapun nilai kadar FFA sebesar 0.75%, angka asam sebesar 1.6039 mg-KOH/gram dan bilangan peroksida sebesar 93.3597 meq peroksida/100 g. Nilai yang diperoleh dari hasil pengujian awal ini akan dijadikan perbandingan terhadap biodiesel yang ditambahkan antioksidan.

6. Karakteristik Fisik Biodiesel

Pengujian karakteristik fisik biodiesel dilakukan untuk mengetahui apakah biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi syarat mutu biodiesel SNI. Parameter karakteristik biodiesel yang diuji adalah densitas, viskositas dan titik nyala. Pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan piknometer yang telah dikalibrasi dan digunakan neraca digital untuk menimbang bobot sampel yang akan diuji. Penimbangan bobot sampel dilakukan untuk memperoleh data yang akan digunakan dalam perhitungan densitas biodiesel. Densitas biodiesel yang

diperoleh pada penelitian ini adalah 0.8569 g/cm^3 . Nilai densitas tersebut menunjukkan bahwa biodiesel telah memenuhi standar SNI $0.85\text{-}0.89 \text{ g/cm}^3$.

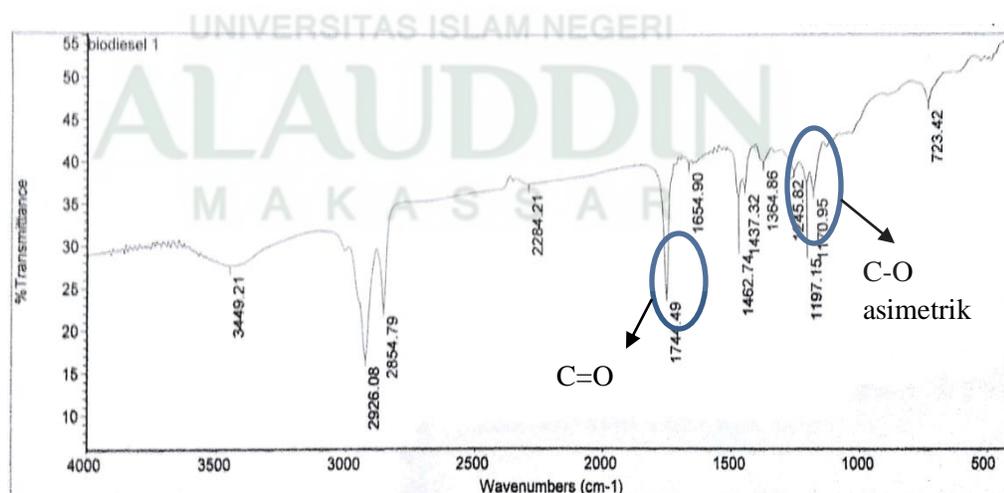
Viskositas merupakan istilah untuk menyatakan tingkat kekentalan dari suatu zat cair. Pengukuran viskositas biasanya dilakukan dengan menggunakan *viscometer Ostwald*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa biodiesel telah memenuhi standar SNI karena memiliki nilai viskositas sebesar $4.7106 \text{ dyn.s/cm}^2$ yang masuk dalam rentang nilai standar SNI yakni $2.3\text{-}6.0 \text{ dyn.s/cm}^2$.

Titik nyala merupakan suhu terendah yang dihasilkan pada pembakaran biodiesel. Menurut SNI, standar untuk titik nyala biodiesel adalah $100\text{-}190^\circ\text{C}$ dan pada penelitian ini dihasilkan biodiesel dengan titik nyala sebesar 150°C . Hal ini menunjukkan bahwa biodiesel tersebut telah memenuhi standar SNI.

7. Identifikasi Komponen Biodiesel

a. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

Biodiesel hasil transesterifikasi yang telah dimurnikan selanjutnya dianalisis dengan alat FTIR untuk mengetahui gugus fungsinya.



Gambar 4.1 Spektrum FTIR Biodiesel Minyak Biji Kelor

Spektrum yang dihasilkan dari hasil analisis menunjukkan bahwa adanya senyawa golongan ester dengan serapan vibrasi C=O yang khas pada daerah 1744.9 cm^{-1} berupa pita yang kuat dan tajam. Pita yang tajam juga diperkuat pada daerah sidik jari 1170.95 cm^{-1} ; 1197.15 cm^{-1} dan 1245.82 cm^{-1} akibat adanya serapan regang C-O yang merupakan gugus fungsi khas senyawa golongan ester asam lemak rantai panjang. Pita serapan pada daerah panjang gelombang 2926.08 cm^{-1} dan 2854.79 cm^{-1} merupakan serapan khas dari vibrasi tekukan C-H (sp^3). Pada panjang gelombang 723.42 cm^{-1} menunjukkan serapan khas dari vibrasi regang untuk gugus =C-H (sp^2). Wardoyo dan Daniel (2017: 243) menginformasikan bahwa metil ester asam lemak biji kelor terbentuk dengan spektrum panjang gelombang 1743.65 cm^{-1} yang merupakan serapan khas dari vibrasi regang -CO ester.

b. Analisis Komponen Menggunakan GC-MS

Untuk menguatkan hasil FTIR, maka dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan instrumen GC-MS. Penggunaan GC-MS bertujuan untuk menganalisis komponen senyawa dalam sampel berdasarkan fragmentasi dari molekul yang terbentuk.

Hasil analisis menunjukkan bahwa ada enam komponen senyawa biodiesel dari minyak biji kelor dengan luas puncak berturut-turut adalah 3.80%; 16.86%; 45.38%; 11.20%; 5.18% dan 6.37%. Data luas puncak terbesar berasal dari metil oleat dengan waktu retensi 22.057. Hal ini sesuai dengan informasi bahwa kandungan asam lemak yang paling tinggi pada minyak biji kelor adalah asam oleat.

8. Ekstraksi Daun Sirsak Sebagai Zat Antioksidan

Zat antioksidan alami diperoleh dari hasil ekstraksi daun sirsak. Daun sirsak diekstraksi dengan metode maserasi yaitu metode perendaman dengan pelarut pada suhu ruang dengan beberapa kali pengadukan. Perendaman dilakukan dengan menggunakan pelarut etanol untuk mengikat lebih banyak senyawa metabolit sekunder. Menurut Tiwari, dkk., (2011) etanol lebih efisien dalam mendegradasi dinding yang bersifat polar sehingga polifenol akan tersari lebih banyak. Menurut Sari (2015), kebanyakan senyawa yang berpotensi sebagai antioksidan berasal dari senyawa polifenol. Putri (2012) telah membuktikan dalam penelitiannya bahwa pelarut etanol mampu mengekstrak senyawa metabolit sekunder pada daun sirsak yang berpotensi sebagai antioksidan, misalnya senyawa flavonoid.

Setelah dilakukan proses ekstraksi dan proses penguapan pelarut dengan evaporator maka diperoleh ekstrak etanol daun sirsak dengan bobot sebesar 39.2%. Ekstrak etanol daun sirsak diuji fitokimia untuk mengetahui golongan senyawa yang terkandung di dalamnya. Hasil uji fitokimia menunjukkan adanya senyawa flavonoid, alkaloid dan terpenoid. Senyawa flavonoid dibuktikan dengan hasil positif ketika diuji pereaksi FeCl_3 , alkaloid dibuktikan dengan hasil positif ketika diuji dengan pereaksi *mayer* dan *wagner* dan terpenoid dibuktikan dengan hasil positif ketika diuji dengan pereaksi *lieberman*. Kurniasih, dkk., (2015) melakukan uji fitokimia terhadap ekstrak etanol daun sirsak dan memperoleh hasil positif pada senyawa alkaloid dan flavonoid. Budiarti dkk., (2014) telah melakukan identifikasi terhadap fraksi kloroform ekstrak etanol daun sirsak dan menemukan bahwa aktivitas antioksidan tertinggi berasal dari senyawa flavonoid.

9. Analisis Kestabilan Biodiesel

Kestabilan biodiesel sangat penting untuk menunjang kualitas biodiesel. Kestabilan biodiesel mengukur sejauh mana biodiesel tersebut mengalami kerusakan saat terjadinya proses oksidasi yang menyebabkan kondisi keasaman yang meningkat. Dalam aplikasinya, angka asam yang tinggi pada biodiesel dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada mesin. Oleh karena itu penambahan antioksidan dimaksudkan untuk mempertahankan kestabilan oksidasi untuk mencegah pembentukan peroksida maupun senyawa hasil dekomposisi peroksida seperti asam rantai pendek, aldehid dan keton. Untuk mengetahui tingkat oksidasi dan tingkat keasaman biodiesel maka dilakukan pengukuran terhadap beberapa parameter yaitu bilangan peroksida, kadar FFA dan angka asam. Penentuan nilai parameter tersebut dilakukan sebelum dan setelah ditambahkan antioksidan.

Biodiesel biji kelor yang telah dianalisis sifat fisik dan komponennya ditambahkan antioksidan alami dan antioksidan sintetik sebagai kontrol positif. Antioksidan sintetik yang digunakan yaitu *tert-butyl hydroquinone* (TBHQ) sedangkan antioksidan alami yaitu ekstrak etanol daun sirsak. Biodiesel yang tidak ditambahkan zat antioksidan (A) dan yang telah ditambahkan zat antioksidan A₁; A₂, A₃, A₄, dan A₅ disimpan selama 14 hari pada suhu ruang. Selanjutnya dilakukan penentuan bilangan peroksida, kadar FFA dan angka asam.

Penyimpanan biodiesel dilakukan dengan wadah botol kaca bening yang ditutup dengan kain kasa. Botol kaca bening dimaksudkan agar dapat tembus cahaya, sementara kain kasa dimaksudkan agar tidak kedap udara sehingga oksigen dengan mudah kontak dengan biodiesel. Hal ini dilakukan agar keberadaan cahaya dan oksigen yang dapat mendukung terjadinya oksidasi tidak terhalangi sehingga kemampuan dari kedua jenis antioksidan dalam menghambat

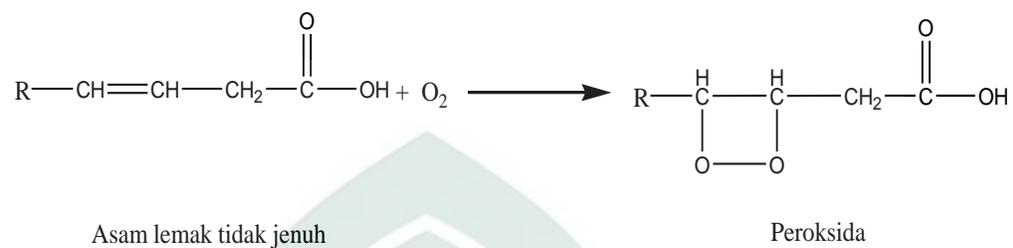
oksidasi dapat diuji dan dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan zat antioksidan. Seperti halnya yang dilakukan oleh Suaniti, dkk., (2017) dan Sanjiwani, dkk., (2015) serta Anggraini (2007) dalam penelitiannya yang melibatkan cahaya dan udara sebagai faktor yang mempercepat terjadinya reaksi oksidasi.

a) **Bilangan Peroksida Biodiesel Biji Kelor**

Bilangan peroksida digunakan sebagai indikator kerusakan oksidatif yang terjadi pada minyak, lemak serta bahan-bahan yang mengandung minyak seperti biodiesel. Tingginya bilangan peroksida menunjukkan bahwa bahan yang mengandung lemak atau minyak memiliki ketahanan oksidatif yang rendah. Hal ini dapat menyebabkan ketengikan atau kenaikan angka asam.

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa hasil pengujian awal (A) terhadap bilangan peroksida biodiesel biji kelor yaitu sebesar 93.3597 meq peroksida/1000 g biodiesel. Setelah disimpan selama 14 hari biodiesel A₀ memiliki bilangan peroksida paling tinggi yaitu sebesar 116.6997 meq peroksida/1000 g biodiesel. Bilangan peroksida yang paling rendah dimiliki oleh biodiesel A₁ sebesar 23.3399 meq peroksida/1000 g biodiesel dengan kadar antioksidan alami sebesar 0.01%. Sementara itu, biodiesel A₂ memiliki bilangan peroksida yang paling tinggi dari biodiesel yang ditambahkan antioksidan alami yakni A₁ dan A₃, A₄ A₅ serta biodiesel B yang ditambahkan antioksidan sintetik. Tingginya bilangan peroksida pada biodiesel menunjukkan bahwa biodiesel mengalami reaksi oksidasi yang disebabkan oleh adanya asam lemak tidak jenuh pada biodiesel yang teroksidasi membentuk senyawa peroksida (Fessenden dan Fessenden, 1992). Adapun

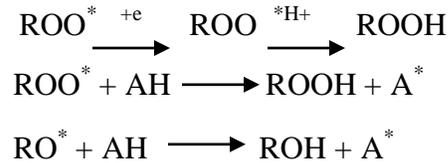
mekanisme reaksi oksidasi pada asam lemak tidak jenuh dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Mekanisme Reaksi Oksidasi pada Asam Lemak Tidak Jenuh
(Fessenden dan Fessenden, 1992)

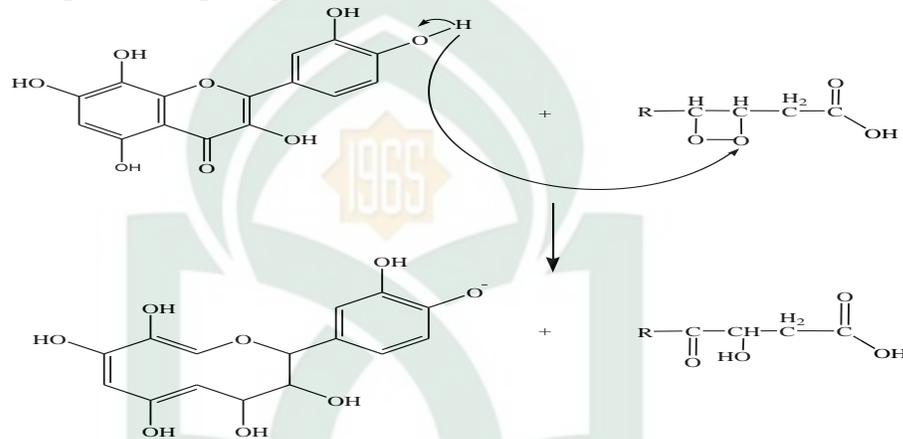
Biodiesel A₁ memiliki nilai bilangan peroksida paling rendah yang berarti ekstrak etanol daun sirsak pada konsentrasi 0.01% paling efektif menghambat oksidasi biodiesel. Menurut Sanjiwani, dkk., (2017: 30) penambahan zat antioksidan dapat mencegah terbentuknya radikal bebas (peroksida) dengan cara memberikan atom hidrogen ke senyawa radikal atau mengubahnya ke bentuk yang lebih stabil.

Zat antioksidan dari ekstrak etanol daun sirsak kebanyakan mengandung senyawa golongan fenolik, jadi secara umum mekanisme kerja antioksidan dari ekstrak etanol daun sirsak hampir sama dengan antioksidan sintetik seperti TBHQ. Yang mana mekanismenya yaitu dengan menyumbangkan atom hidrogen (H) pada radikal bebas. Widowati, dkk., (2005) membagi mekanisme antioksidan menjadi dua golongan yaitu antioksidan primer dan antioksidan sekunder. Golongan fenolik seperti *butylated hydroxyanisole* (BHA), *tert-butyl hydroquinone* (TBHQ) dan *butylated hydroxytoluene* (BHT) serta senyawa alami flavonoid termasuk ke dalam golongan antioksidan primer dengan mekanisme sebagai berikut:



Gambar 4.3 Mekanisme Antioksidan Primer
(Widowati, dkk., 2005)

Contoh reaksi dari salah satu senyawa flavonoid dengan radikal peroksida asam lemak dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Reaksi Flavonoid dengan Radikal Peroksida Asam Lemak
(Sanjiwani, 2015: 271)

Radikal bebas yang mendapat donor H akan lebih stabil sehingga tidak akan bereaksi dengan oksigen yang menyebabkan terbentuknya senyawa peroksida (Hapsari dan Tjahjani, 2014: 63).

b) Kadar FFA

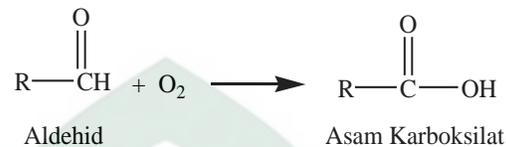
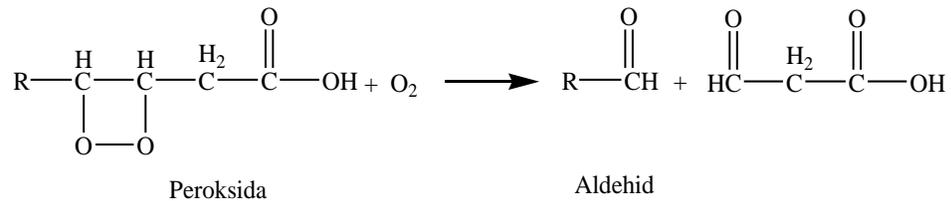
Tabel 4.4 menunjukkan bahwa hasil pengujian awal (A) terhadap kadar FFA biodiesel biji kelor sebesar 0.75% dan setelah 14 hari, nilai kadar FFA biodiesel biji kelor tanpa penambahan zat antioksidan alami sebagai A₀ sebesar 0,94% dan dengan penambahan zat antioksidan sebagai A₁, A₂, A₃, A₄ dan A₅ berturut-turut sebesar 0.22%; 0.37%; 0.37%; 0.37%; 0.56% sedangkan biodiesel dengan penambahan zat antioksidan sintetik sebagai B mempunyai nilai sebesar 0.37%.

Tingginya kadar FFA pada biodiesel mengindikasikan bahwa biodiesel tersebut mengalami reaksi oksidasi. Hal ini dikarenakan kadar FFA berbanding lurus dengan angka asam, semakin tinggi kadar FFA maka semakin tinggi pula angka asam (Sudarmadji, dkk., 1986). Angka asam yang tinggi akan mempengaruhi kualitas biodiesel yang dapat menyebabkan terjadinya korosi pada mesin.

c) Angka Asam

Berdasarkan hasil yang diperoleh, angka asam biodiesel pada pengujian awal (A) sebesar 1.6039 mg-KOH/g. Setelah disimpan 14 hari, biodiesel A₀ memiliki angka asam sebesar 2.0049 mg-KOH/g yang artinya terjadi peningkatan angka asam. Dari kelima biodiesel yang ditambahkan zat antioksidan alami, biodiesel A₁ memiliki angka asam yang paling rendah dibandingkan dengan biodiesel A dan A₀ yaitu 0.4811 mg-KOH/g. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun sirsak dengan konsentrasi 0.01% paling efektif menghambat oksidasi pada biodiesel dan nilai yang dihasilkan masuk dalam standar SNI yaitu maksimal 0.5 mg-KOH/g.

Biodiesel A₂; A₃; A₄ dan A₅ memiliki angka asam yang lebih besar dan tidak memenuhi standar SNI. Sementara biodiesel B memiliki angka asam yang lebih rendah dari A₂; A₃; A₄ dan A₅ namun lebih tinggi dari biodiesel A₁ yaitu sebesar 0.8019 mg-KOH/g. Tingginya angka asam pada biodiesel A₀ menunjukkan bahwa biodiesel tersebut mengalami reaksi oksidasi. Hal ini terjadi karena senyawa peroksida dari hasil oksidasi asam lemak tidak jenuh teroksidasi membentuk senyawa aldehid. Aldehid kemudian teroksidasi lebih lanjut membentuk asam karboksilat yang menyebabkan bilangan asam meningkat (Fessenden dan Fessenden, 1992). Mekanisme reaksi oksidasi pada peroksida dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Mekanisme Reaksi Oksidasi pada Senyawa Peroksida
(Fessenden dan Fessenden, 1992)

Terjadinya peningkatan angka asam pada biodiesel A₂; A₃; A₄ dan A₅ disebabkan karena biodiesel tersebut mengalami prooksidan. Prooksidan berasal dari akumulasi antioksidan dalam konsentrasi tinggi. Pada konsentrasi yang tinggi, aktivitas antioksidan dari kelompok fenolik dapat lenyap bahkan bisa menjadi prooksidan (Gordon,1990). Reaksi perubahan antioksidan menjadi prooksidan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.6 Reaksi Perubahan Antioksidan Menjadi Prooksidan
(Gordon, 1990)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah, maka dapat disimpulkan:

1. Nilai konversi biodiesel dari minyak biji kelor dengan perbandingan mol minyak dan metanol 1:6 selama 60 menit pada suhu 60°C ialah 82.53%.
2. Zat antioksidan dari ekstrak etanol daun sirsak efektif meningkatkan kestabilan biodiesel pada konsentrasi 0.01% b/v dengan nilai peroksida sebesar 23.3399 meq peroksida/100 g biodiesel, kadar FFA sebesar 0.22% dan angka asam sebesar 0.4811 mg-KOH/g.

B. Saran

Bagi peneliti yang ingin menambahkan zat antioksidan alami ke dalam biodiesel sebaiknya memanfaatkan zat antioksidan lain yang memiliki kadar antioksidan yang lebih tinggi serta memanfaatkan sampel seperti minyak jelantah.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Qur'an nul Karim.

Adri, Delvi dan Wikanastri Hersoelityorini. “Aktivitas Antioksidan dan Sifat Organoleptik Teh Daun Sirsak (*Annona muricata* Linn.) Berdasarkan Variasi Lama Pengeringan”. *Pangan dan Gizi* 4, no. 7 (2013): h. 1-12.

Al-Maragi, *Tafsir Al-Maragi*. Semarang: PT. Karya Toha Putra. 1992.

Aminah, dkk., “Perbandingan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Berdasarkan Tempat Tumbuh dengan Metode Penambahan DPPH”. *Fitofarmaka Indonesia* 3, no.1 (2016).

Aminah, Siti. “Bilangan Peroksida Minyak Goreng Curah dan Sifat Organoleptik Tempe pada Pengulangan Penggorengan”. *Pangan dan Gizi* 1, no. 1 (2010): h. 7-14.

Aminah, Syarifah dkk., “Kandungan Nutrisi dan Sifat Fungsional Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*)”. *Bulletin Pertanian Perkotaan* 5, no. 2 (2015): h. 35-44.

Anam, Choirul Sirojudin dkk., “Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR”. *Berkala Fisika* 10, no.1. (2007): h. 79 –85.

Anggraini, Arum. “Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Antioksidan Terhadap Ketahanan Oksidasi Biodiesel dari Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)”. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, 2007.

Aqilah Binti Yahya. “Biodiesel Production From *Moringa oleifera* Seed Using Heterogeneous Acid and Alkali Catalyst”. *Thesis*. Malaysia. Faculty of Chemical and Natural Resource Engineering Universitas Malaysia Pahang, 2013.

Asriani. “Sintesis Metil Ester dari Minyak Ampas Kelapa (*Cocos nucifera*) Menggunakan Metode Ultrasonokimia”. *Skripsi*. Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin, 2016.

Azad AK, dkk., “Prospect of Moringa Seed Oil as Sustainable Biodiesel Fuel in Australia: A Review”. *Procedia Engineering* (2015): h. 601-606.

Badan Standar Nasional “Biodiesel”. SNI 7182: 2015.

Baskar, dkk., “In Vitro Antioksidant Studies in Leaves of *Annona Species*” *Experimental Biology* 45 (2007): h. 480-485.

Brondz, Llia dkk., “A Direct Gas Chrometography-Mass Spectrometry (GC-MS) Method for The Detection of Orellaine Present in Stomach Content (Part I)” *Biophysical Chemistry* 3, no. 1 (2012): h. 29-34.

Budiarti, Aqnes dkk., “Aktivitas Antioksidan Fraksi Kloroform Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) dan Identifikasi Kandungan Senyawa Kimianya”. (2014): h. 1-6.

Buku Ketahanan Energi Indonesia. *Tantangan dan Harapan*. 2015.

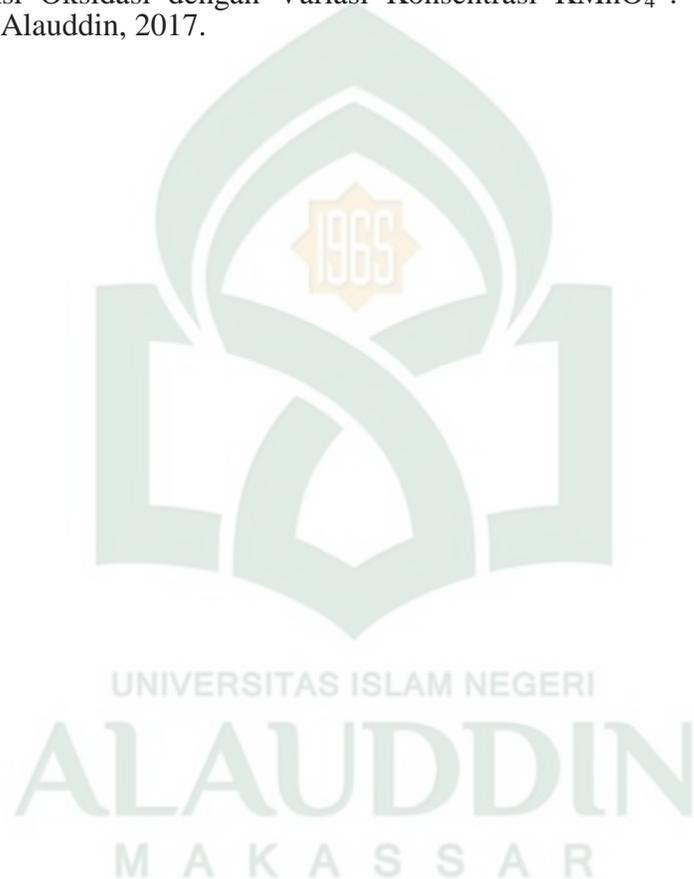
- Bustaman, Sjahrul. "Strategi Pengembangan Industri Biodiesel Berbasi Kelapa di Maluku". *Litbang Pertanian* 28 no. 2 (2009): h. 46-53.
- Devita, Liza. "Biodiesel Sebagai Energi Alternatif dan Prospektif". *Agrica Ekstensi* 9, no. 2 (2015): h. 23-26.
- Dhianawaty, Diah dan Ruslin. "Kandungan Total Polifenol dan Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Metanol Akar *Imperata cylindrical* (L) Beauv. (Alang-alang)". *MKB* 47 no. 1 (2015): 60-64.
- Faturrachman, Denny Akmal. "Pengaruh Konsentrasi Pelarut Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Annona muricata* Linn) dengan Metode Peredaman Radikal Bebas DPPH". *Skripsi*. Jakarta: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Syarif Hidayatullah, 2014.
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S., *Kimia Organik*. Terj. Pudjaatmaka, H., Jakarta: Gramedia, 1992.
- Fitriani. "Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Transesterifikasi dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik". *Skripsi*. Bandar Lampung: Fakultas Pertanian Universitas Lampung, 2016.
- Ghoffar, M. Abdul, dkk., *Tafsir Ibnu Katsir*. Pustaka Imam Asy-Syafi'I, 2009.
- Gordon, M.H. *the Mechanism of Antioksidants Action in Vitro*. London: Elsevier Applied Science, 1990.
- Handayani, Hana dkk., "Ekstraksi Antioksidan Daun Sirsak Metode *Ultrasonic Bath* (Kajian Rasio Bahan: Pelarut dan Lama Ekstraksi)". *Pangan dan Agroindustri* 4, no. 1 (2016): h. 262-272.
- Handoyo, R dkk., "Biodiesel dari Minyak Kapok". *Enjiniring Pertanian* 5, no. 1 (2007): h. 57-64.
- Hapsari, Shinta Budi dan Siti Tjahjani. "Pengaruh Cahaya dan Antioksidan TBHQ Terhadap Viskositas Biodiesel Minyak Biji Kapuk". *Jurnal Kimia* 3, no. 1 (2014): h. 60-64.
- Haryono dan Marliani. "Analisis Mutu Biosolar pada Variasi Formula *Blending* Biodiesel dari Minyak Kapuk dengan Minyak Solar". *Eksergi* 11, no. 2 (2014): 24-29.
- Hasahatan, Dennis dkk., "Pengaruh Ratio H_2SO_4 dan Waktu Reaksi Terhadap Kuantitas dan Kualitas Biodiesel Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar". *Jurnal Teknik Kimia* 18, no. 2 (2012) : h. 26-36.
- Hermawan, Galih Prihasetya dan Hendrawan Laksono "Ekstraksi Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Menggunakan Pelarut Etanol" 2, no. 2 (2013): h. 111-115.
- Indriyanti, Aris. "Tantangan Produksi Masal Biodiesel di Era Globalisasi". *Prosiding Symbion* (2016): h. 287-300.
- Iswara, Filasavita Prasasti dkk., "Analisis Senyawa Berbahaya dalam Parfum dengan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa Berdasarkan *Material Safety Data Sheet* (MSDS)". *Chemical Research* 2, no. 1 (2014): h. 18-27.

- Joelianingsih, dkk., "Sintesis Biodiesel dari Minyak Sunan dengan Katalis Ho mogen Melalui Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi Secara Bertahap". *Seminar Nasional dan Teknologi*. 2016.
- John, Tertsegga dkk., "A Review Of Moringa Oleifera Seed Oil As Feedstock For Biodiesel Production". *Multidisciplinary Engineering Science and Technology* 2, no. 12 (2015): h. 3574-3581.
- Kementerian Agama RI. *Al-Qur'an dan Terjemahan*. Jakarta: Cipta Bagus Segara, 2011.
- Ketaren, S. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia, 1986.
- Kuncahyo, Priyohadi, dkk., "Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel Sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia". *Jurnal Teknik POMITS* 2, no. 2 (2013): h. 2301-9271.
- Kurniasih, Nunung dkk., "Potensi Daun Sirsak (*Annona Muricata* Linn), Daun Binahong (*Anredera Cordifolia* (Ten) Steenis) dan Daun Benalu Mangga (*Dendrophthoe Pentandra*) sebagai Antioksidan Pencegah Kanker". *Edisi Juni* 9, no. 1 (2015): h. 152-184.
- Martono, Budi dan Rudi T. Setiyono. "Skrining Fitokimia Enam Genotipe Teh". *J.TIDP* 1, no. 2 (2014): h. 63-68.
- Molyneux, P. "The Use of The Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity". *Songklanakarini: Science Technology*, 2, no. 26 (2004): 211-219.
- Nasir, Subriyer dkk., "Pemanfaatan Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) untuk Pembuatan Bahan Bakar Nabati". *Teknik Kimia* 17 no.3 (2010): h. 29-34.
- Nurdyaningrum, Frita Destri dan Harun Nasrudin. "Pemurnian dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Menggunakan Adsorben Bentonit". *Chemistry* 2, no. 1 (2013): h. 47-53.
- Nurjanah, dkk., "Perubahan Komposisi Kimia, Aktivitas Antioksidan, Vitamin C dan Mineral Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) Akibat Pengukusan". *Inovasi dan Kewirausahaan* 3, no. 3 (2014): h. 185-195.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 25 Tahun 2013.
- Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Indonesia. Nomor 84 Tahun 1986.
- Prihanto, Antonius dan T.A. Bambang Irawan. "Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis dan Rasio Molar Melalui Proses Netralisasi-Transesterifikasi". *Jurnal Metana* 1, no. 13 (2017): h. 30-36.
- Putri, Raden Nabilla Ayesha. "Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) dengan Metode DPPH (1,1 Diphenyl-2-Picrylhydrazil)". *Skripsi*. Jakarta: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Syarif Hidayatullah, 2012.

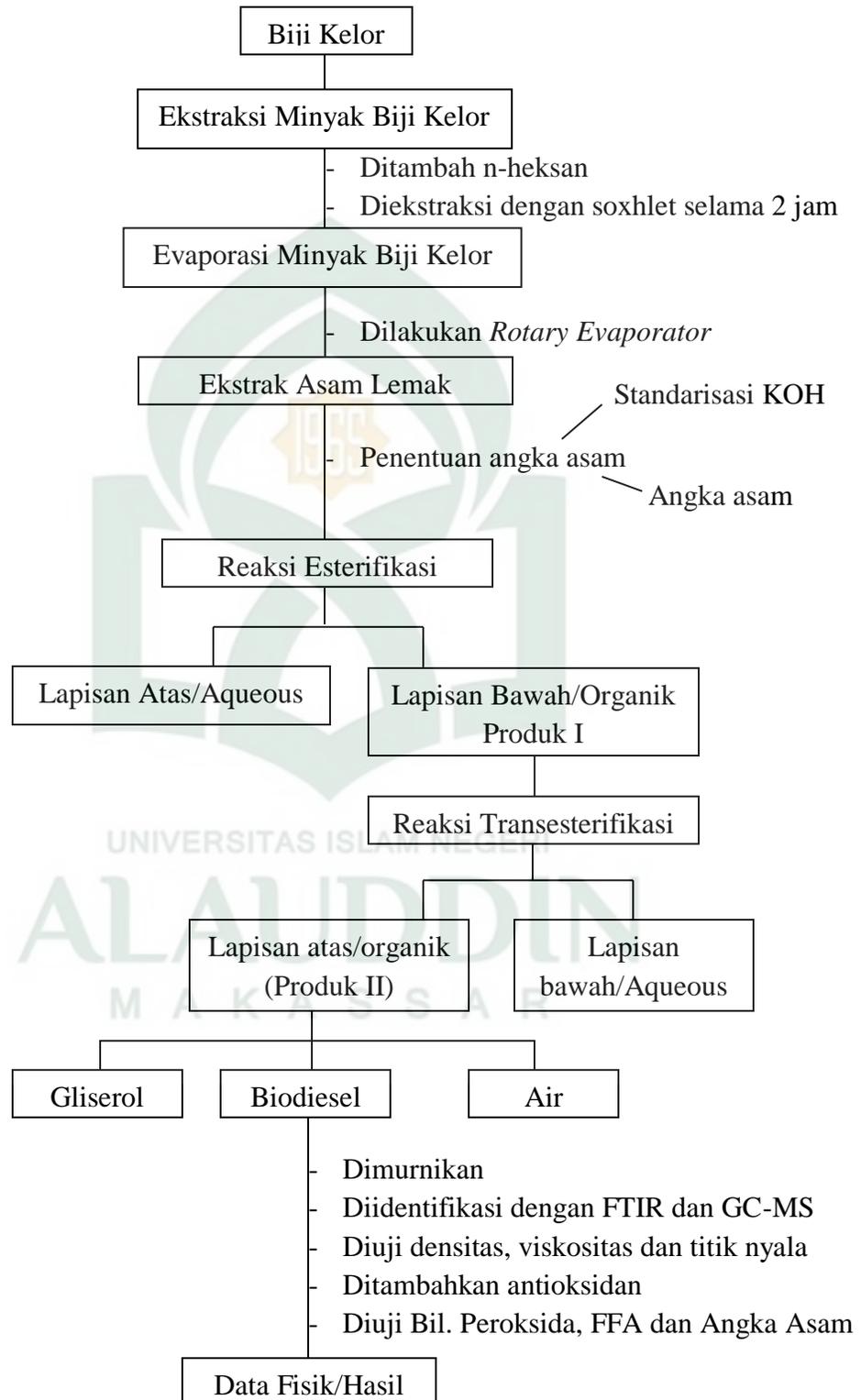
- Putri, Sarah Islamia Dhahono. "Efek Lama Pemanasan Terhadap Perubahan Bilangan Peroksida Minyak Goreng yang Berpotensi Karsinogenik pada Pedagang Gorengan di Kelurahan Pasar Minggu Tahun 2015". *Skripsi*. Jakarta: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Syarif Hidayatullah, 2015.
- Quthb, Sayyid. *Fi Zhilalil Qur'an*. Terj. As'ad Yasin, dkk., *Tafsir Fi Zhilalil Qur'an di bawah Naungan Al-Qur'an Jilid 4*. Jakarta: Gema Insani Press, 2004.
- Raharjo, S. "Melindungi Kerusakan Oksidasi pada Minyak Selama Penggorengan dengan Antioksidan". *Foodreview Indonesia*. 3, no. 4 (2008).
- Riskayanti. "Sintesis Etil Ester dari Minyak Dedak Padi (*Oryza sativa*) Menggunakan Metode Ultrasonokimia". *Skripsi*. Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin, 2016.
- Ritonga, Muhammad Yusuf dan Mangunsong Ruben Reinhard Giovani. "Pembuatan Metil Ester dari Minyak Kemiri Sunan dengan Keberadaan *CO-Solvent* Aseton dan Katalis Heterogen Natrium Silikat Terkalsinasi". *Teknik Kimia* 5, no. 3 (2016): h. 17-23.
- Sanjiwani, Ni Made Sukma, dkk., "Bilangan Peroksida, Bilangan Asam dan Kadar FFA Biodiesel dengan Penambahan Antioksidan dari Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* Linn.)". *Jurnal Kimia* 9, no. 2 (2015): h. 265-274.
- Saqib, Muhammad dkk., "Optimized Biodiesel Production and Enviromental Assesment of Produced Biodiesel". *Biotechnology and Bioprocess Engineering* (2012): h. 617-623.
- Saraswaty, Vienna dkk., "Aktivitas Antioksidan dari Kombinasi Ekstrak Etanol Kulit Manggis, Daun Sirsak dan Daun Sirih Merah". *Proceeding Seminar Ilmu Pengetahuan Teknik*. 2013: h. 196-200.
- Sari, Mayang. "Identifikasi Protein Menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR)*". *Skripsi*, Depok: Program S-1 Ekstensi Teknik Kimia Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia, 2010.
- Sari, Ayu Kartika. "Penetapan Kadar Polifenol Total, Flavonoid Total dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Annona muricata*) dari Jember pada Ketinggian Tanah yang Berbeda". *Skripsi*. Jember: Fakultas Farmasi Universitas Jember, 2015.
- Sartika, Apriani dkk., "Esterifikasi Minyak Goreng Bekas dengan Katalis H_2SO_4 dan Transesterifikasi dengan Katalis CaO dari Cangkang Kerang Darah: Variasi Kondisi Esterifikasi". *JOM FMIPA* 2, no. 1 (2015): h. 178-185.
- Sayuti, Kesuma dan Rina Yenrina. *Antioksidan, Alami dan Sintetik*. Padang Andalas University Press, 2015.
- Setiadji, Soni dkk., "Alternatif Pembuatan Biodiesel Melalui Transesterifikasi Minyak Castor (*Ricinus communis*) Menggunakan Katalis Campuran Cangkang Telur Ayam dan Kaolin". *Kimia Valensi* 3, no. 1 (2017): h. 1-10.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an* Cet. I. Jakarta: Lentera Hati, 2002.

- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an* Edisi Baru Cet. I. Jakarta: Lentera Hati, 2009.
- Silviana dan Luqman Buchori. "Efek Penyimpanan Biodiesel Berdasarkan Studi Kajian Degradasi Biodiesel CPO". *Reaktor* 15, no. 3 (2015): h. 148-153.
- Silverstein, Robert M. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. Edisi ke 7. USA: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- Siswarni MZ, dkk., "Ekstraksi Acetogenin dari Daun dan Biji Sirsak (*Annona muricata* L) dengan Pelarut Aseton". *Teknik Kimia* 5, no. 2 (2016): h. 1-4.
- Suaniti, Ni Made dkk., "Efek Penambahan Antioksidan Ekstrak Metanol Kulit Buah Manggis (*Garcia mangostana* L.) Terhadap Perubahan Kadar FFA, Bilangan Asam dan Bilangan Peroksida Biodiesel". *Jurnal Kimia* 11, no. 1 (2017): 49-55.
- Sudaryanto, dkk., "Aktivitas Antioksidan pada Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.) dengan Metode Sokletasi Menggunakan Pelarut N-Heksan, Metanol dan Etanol". *Teknotan* 10, no. 2 (2016): h. 16-21.
- Sudarmadji, S. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty, 1989.
- Sudarmadji, S. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty, 1986.
- Sumantri, Indro dkk., "Ekstraksi Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) dengan Pelarut Etanol". *Teknologi Kimia dan Industri* 2, no. 2 (2013): h. 111-115.
- Supardi, Kasmadi Imam dkk., "Sintesis Biodiesel dari Minyak Lmbah Biji Karet Sebagai Sumber Energi Alternatif". *Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri* 1, no. 2 (2010): 168-175.
- Suseno, Jatmiko dan K.Sofjan Firdausi. "Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi". *Berkala Fisika* 11, no. 1 (2008): h. 23-28.
- Soerawidjaja, Tatang H. *Minyak-Lemak dan Produk-Produk Kimia Lain dari Kelapa*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2005.
- Syahir, Nizar dan Agrandy Fyadlon . "Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung Menggunakan *Microwave* dengan Proses *Ex Situ* dan *In Situ*". *Skripsi*. Surabaya: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- Tiwari, *et.al.*, "Phytochemical Screening and Extraction: a Review". *Internationale Pharmaceutical Scientia* 1 (2011): h. 103-104.
- Wahyuni, Silvira. "Pengaruh Proses dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah". (2015): h. 3-10.
- Wardoyo, Arif dan Daniel. "Sintesis Etilendiamida dari Metil Ester Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Melalui Reaksi Amidasi dengan Etilendiamin yang Berfungsi Sebagai Surfaktan". *Prosiding Seminar Nasional Kimia* (2017): h. 241-246.

- Wicaksono, Iman Bagus dan Maria Ulfah. “Uji Aktivitas Antioksidan Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Annona Muricata* L.) dan Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava* L.) dengan Metode DPPH (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil)”. *Inovasi Teknik Kimia* 2, no.1 (2017): h. 44-48.
- Widyanastuti, Nurul Azizah dan Bambang Susilo. “Studi Ekstraksi *Hydraulic Press* Minyak Biji Kelor (*Moringa oleifera*)”. *Bioproses Komoditas Tropis* 1, no. 2 (2013): 48-55.
- Yuliana. “Modifikasi Struktur Etil Ester dari *Crude Palm Oil* (CPO) Menggunakan Reaksi Oksidasi dengan Variasi Konsentrasi KMnO_4 ”. *Skripsi*. Makassar: UIN Alauddin, 2017.



Lampiran 1. Bagan Alir Penelitian Secara Umum



Lampiran 2. Diagram Alir Prosedur Kerja

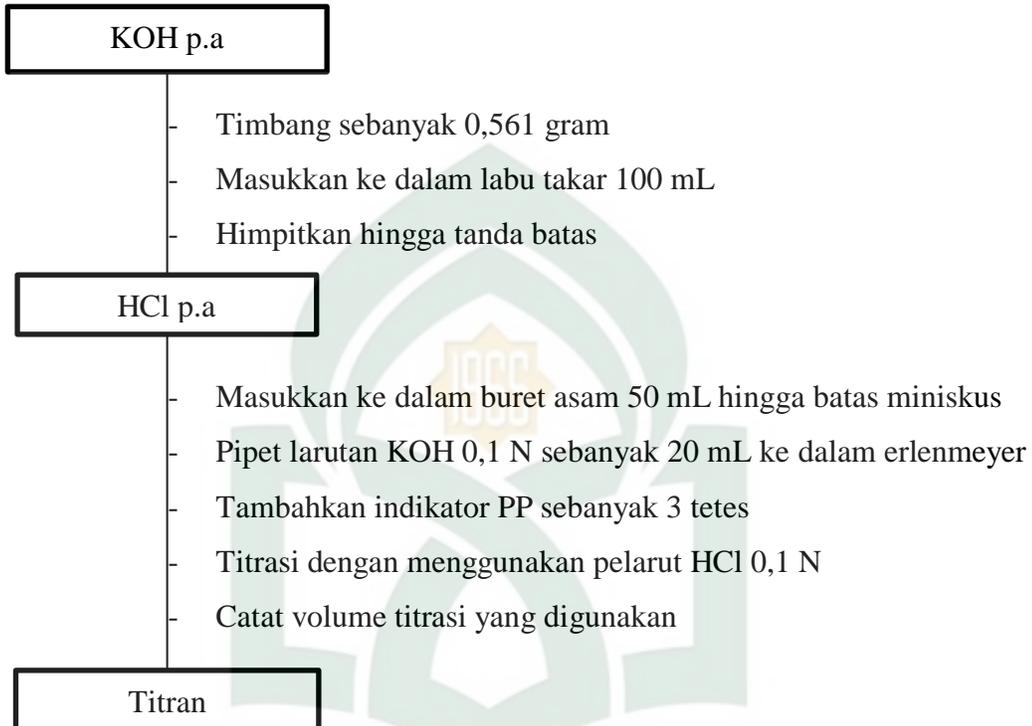
1. Preparasi sampel



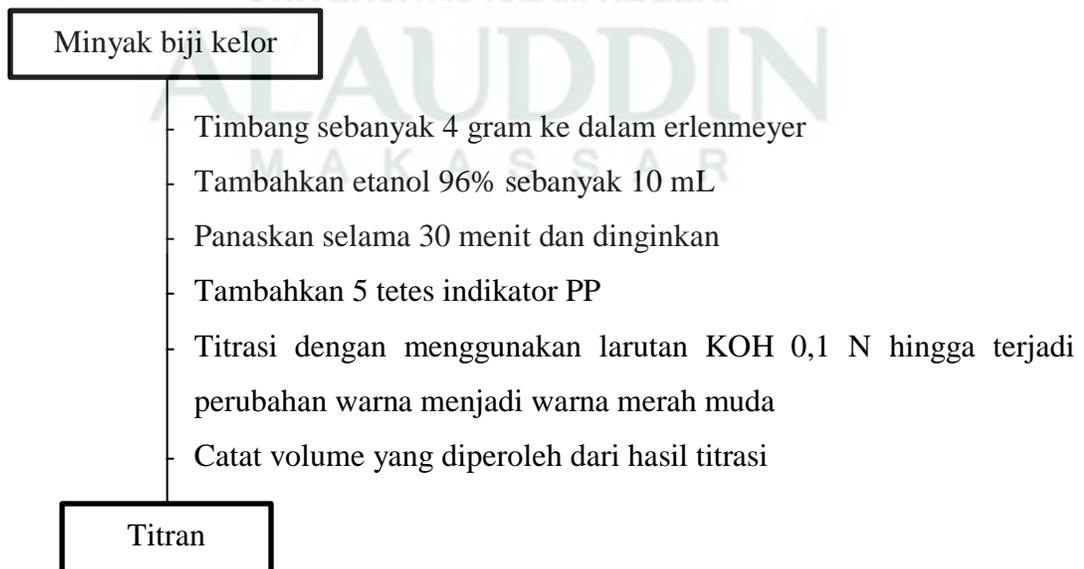
2. Penentuan Bilangan Konversi Biodiesel

a. Analisis Bilangan Asam

1) Standarisasi KOH



2) Angka asam



b. Esterifikasi

Minyak biji kelor

- Timbang sebanyak 264,27692 gram dalam gelas kimia
- Timbang metanol dengan perbandingan 6:1 terhadap minyak
- Tambahkan H_2SO_4 sebanyak 1,8617 mL larutkan dalam methanol dan tambahkan ke dalam minyak
- Reaksikan selama 60 menit pada *hotplate stirrer* suhu $64^\circ C$
- Diamkan dalam corong pisah selama 24 jam dan pisahkan antara fase atas/aqueous dan fase bawah/organik

Minyak biji kelor

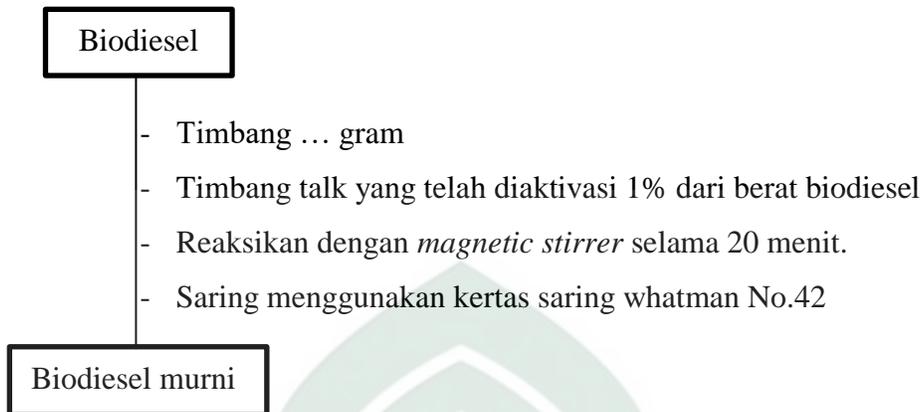
c. Transesterifikasi

Minyak biji kelor
hasil esterifikasi

- Timbang sebanyak 184,9932 gram
- ditambahkan KOH sebanyak 1% b/b dari berat minyak dan metanol dengan perbandingan mol terhadap minyak 6:1.
- Reaksikan selama 60 menit suhu $60^\circ C$ pada *hotplate stirrer*.
- Diamkan dalam corong pisah selama 24 jam hingga terbentuk 2 fase (biodiesel dan gliserol)

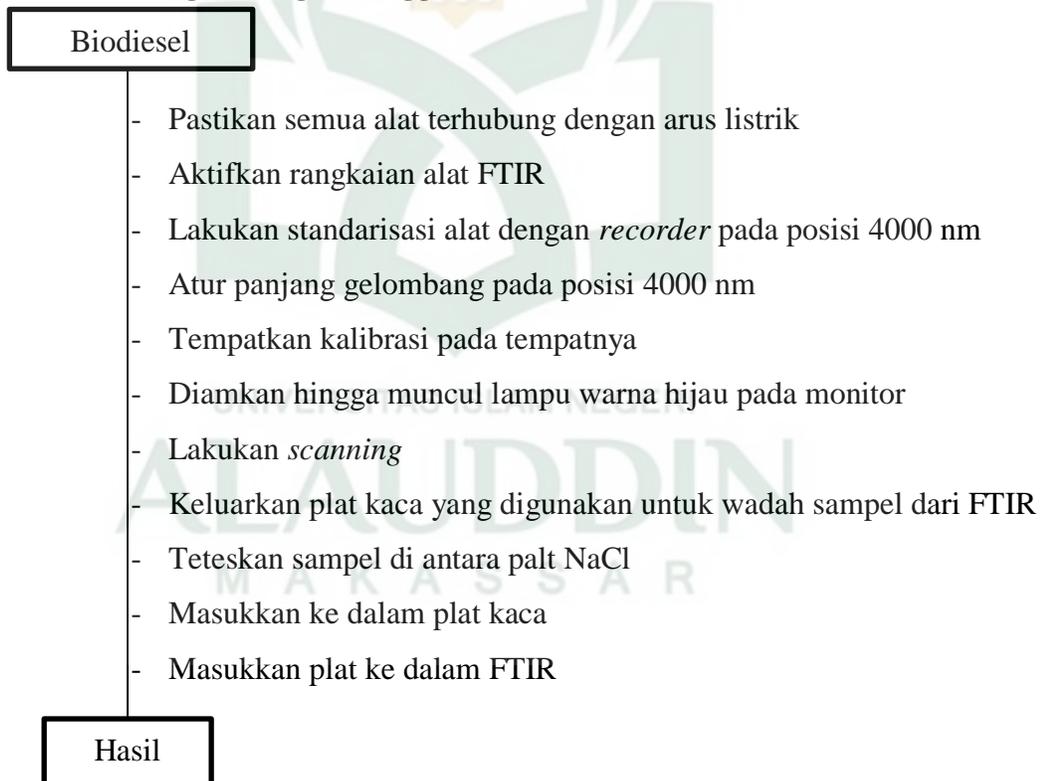
Biodiesel

d. Pemurnian Biodiesel



3. Identifikasi Komponen

a. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR



b. Identifikasi Komponen dan Konsentrasi Menggunakan GC-MS**1) Preparasi Sampel**

Biodiesel

- Masukkan ke dalam tabung reaksi
- Tambahkan 1 mL n-heksan
- Tambahkan 3 mL larutan NaCl jenuh
- Pindahkan bagian n-heksan kedalam botol vial
- Tambahkan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ anhidrat
- Masukkan kedalam botol vial kedua
- Pastikan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ anhidrat tidak ikut bercampur
- Analisis sampel

Hasil

2) Analisis dengan GC-MS

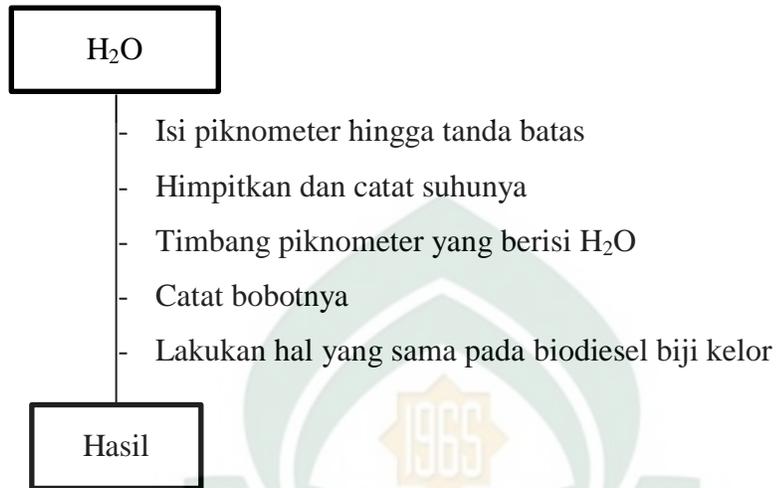
Biodiesel

- Masukkan sebanyak $1\mu\text{L}$ kedalam autoinjektor
- Aktifkan alat GC-MS
- Atur tampilan analisis
- Hentikan analisis ketika grafik telah terlihat datar
- Puncak grafik menunjukkan komponen yang paling mirip serta intens peaknya tinggi

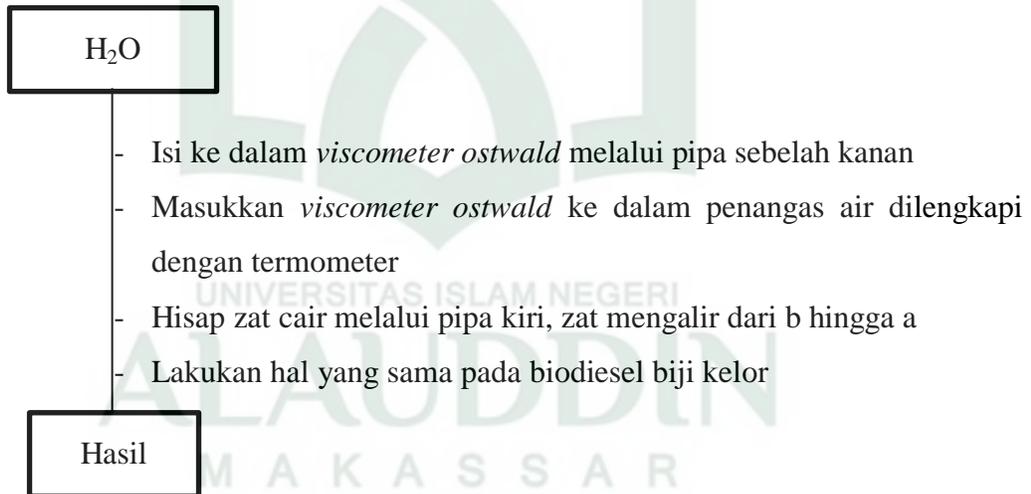
Hasil

4. Analisis Sifat Fisik

a. Penentuan densitas



b. Penentuan Viskositas



c. Uji Titik Nyala

Biodiesel

- Tuang ke dalam cawan porselin yang bersih dan kering
- Gantung termometer dengan ujung termometer mengenai sampel tapi tidak menempel hingga dasar
- Nyalakan pemanas dengan kenaikan suhu yang konstan
- Bakar lidi dan menaruh di permukaan
- Baca termometer saat terjadi nyala

Hasil

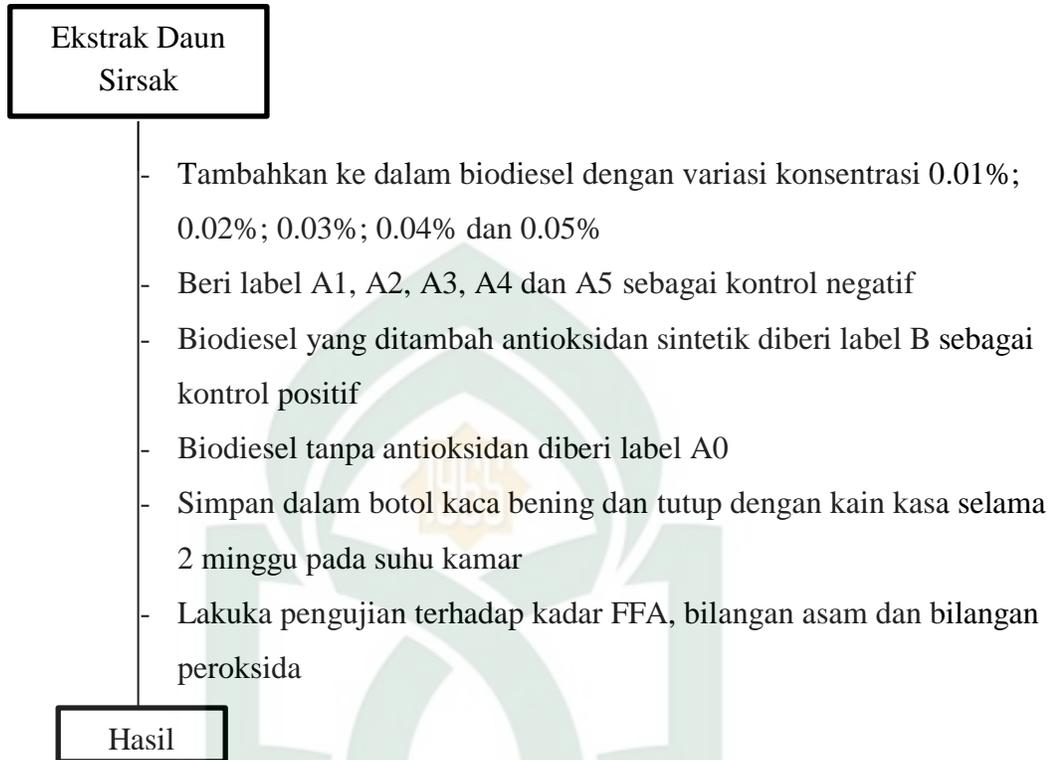
5. Ekstraksi Daun Sirsak

Daun Sirsak

- Potong kecil-kecil
- Kering anginkan selama beberapa hari
- Haluskan menggunakan belender
- Timbang sebanyak 100 gram
- Maserasi dengan etanol 96% dalam toples kaca selama 7x24 jam
- Lakukan pengadukan setiap 1 jam
- Saring untuk memisahkan filtrat dan residu
- Uapkan filtrat dengan alat evaporator hingga diperoleh ekstrak kental

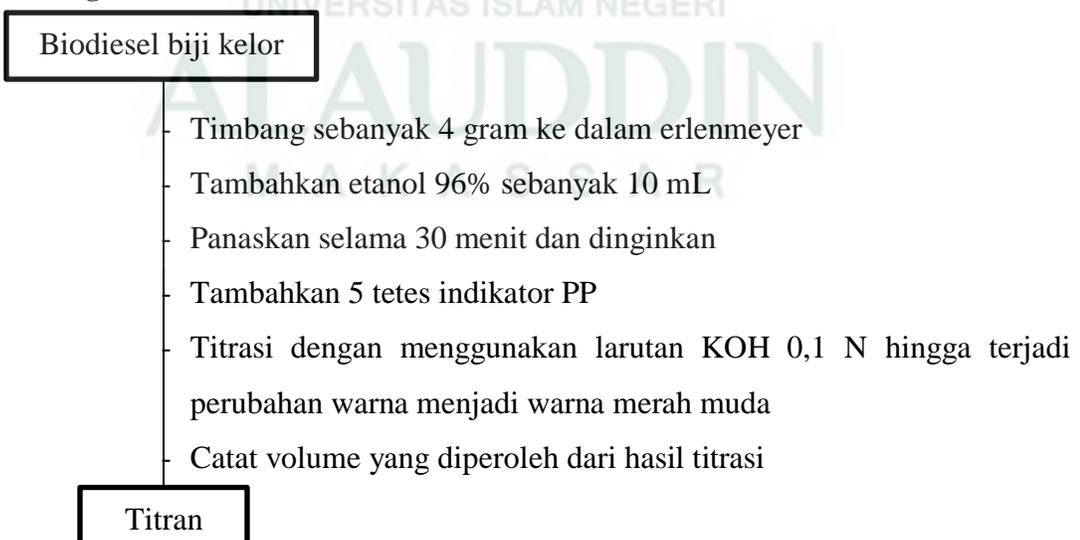
Ekstrak Daun
Sirsak

6. Penambahan Ekstrak Etanol daun Sirsak ke dalam Biodiesel



7. Uji Kestabilan Biodiesel

a. Angka asam



b. Bilangan Peroksida**Biodiesel**

- Pipet sebanyak 0,5 mL kedalam erlenmeyer
- Tambahkan campuran asam asetat glasial dan kloroform sebanyak 5 mL dengan perbandingan 3:2
- Homogenkan hingga larut sempurna
- Tambahkan KI jenuh sebanyak 0,25 mL dan diamkan selama 2 menit
- Tambahkan 5 mL akuadest
- Tambahkan indicator amilum 1% sebanyak 5 tetes
- Titrasi dengan larutan standar $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hingga warna kuning kehitamannya hilang
- Lakukan secara duplo

Hasil

Lampiran 3. Perhitungan

1. Penentuan Mr Minyak Biji Kelor

Mr minyak biji kelor = Mr total asam lemak

a. Mr Asam Palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$)

$$\begin{aligned}C_{16}H_{32}O_2 &= (16 \times 12.011 \text{ g/mol}) + (32 \times 1.00794 \text{ g/mol}) + (2 \times 15.9994 \text{ g/mol}) \\ &= 192.176 \text{ g/mol} + 32.25408 \text{ g/mol} + 31.9988 \text{ g/mol} \\ &= 256.42 \text{ g/mol}\end{aligned}$$

$$\text{Kadar} = 256.42 \text{ g/mol} \times \frac{6.5}{100} = 16.6673 \text{ g/mol}$$

b. Mr Asam Palmitoleat ($C_{16}H_{30}O_2$)

$$\begin{aligned}C_{16}H_{30}O_2 &= 192.176 \text{ g/mol} + 30.2382 \text{ g/mol} + 31.9988 \text{ g/mol} \\ &= 254.41 \text{ g/mol}\end{aligned}$$

$$\text{Kadar} = 254.41 \text{ g/mol} \times \frac{2.0}{100} = 5.0882 \text{ g/mol}$$

c. Mr Asam Stearat ($C_{18}H_{36}O_2$)

$$\begin{aligned}C_{18}H_{36}O_2 &= 216.198 \text{ g/mol} + 36.28584 \text{ g/mol} + 31.9988 \text{ g/mol} \\ &= 284.48 \text{ g/mol}\end{aligned}$$

$$\text{Kadar} = 284.48 \text{ g/mol} \times \frac{6.0}{100} = 17.0688 \text{ g/mol}$$

d. Mr Asam Oleat ($C_{18}H_{34}O_2$)

$$\begin{aligned}C_{18}H_{34}O_2 &= 216.198 \text{ g/mol} + 34.26996 \text{ g/mol} + 31.9988 \text{ g/mol} \\ &= 282.46 \text{ g/mol}\end{aligned}$$

$$\text{Kadar} = 282.46 \text{ g/mol} \times \frac{72.2}{100} = 203.93612 \text{ g/mol}$$

e. Mr Asam Linoleat ($C_{18}H_{32}O_2$)

$$\begin{aligned}C_{18}H_{32}O_2 &= 216.198 \text{ g/mol} + 32.25408 \text{ g/mol} + 31.9988 \text{ g/mol} \\ &= 280.45 \text{ g/mol}\end{aligned}$$

$$\text{Kadar} = 280.45 \text{ g/mol} \times \frac{1.0}{100} = 2.8045 \text{ g/mol}$$

f. Mr Asam Arakidat (C₂₀H₄₀O₂)

$$\begin{aligned} \text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2 &= 240.22 \text{ g/mol} + 40.3176 \text{ g/mol} + 31.9988 \text{ g/mol} \\ &= 312.54 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$\text{Kadar} = 312.54 \text{ g/mol} \times \frac{4.0}{100} = 12.5016 \text{ g/mol}$$

g. Mr Asam Gadoleat (C₂₀H₃₈O₂)

$$\begin{aligned} \text{C}_{20}\text{H}_{38}\text{O}_2 &= 240.22 \text{ g/mol} + 38.30172 \text{ g/mol} + 31.9988 \text{ g/mol} \\ &= 310.52 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$\text{Kadar} = 310.52 \text{ g/mol} \times \frac{2.0}{100} = 6.2104 \text{ g/mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Mr minyak biji kelor} &= \text{Mr asam lemak} \\ &= 264.27692 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Standarisasi KOH

Dik:

$$V_{\text{HCl}} = 20.5 \text{ mL (Simplo)}$$

$$V_{\text{HCl}} = 21.9 \text{ mL (Duplo)}$$

$$N_{\text{HCl}} = 0.1 \text{ N (Simplo dan Duplo)}$$

$$V_{\text{KOH}} = 20 \text{ mL (Simplo dan Duplo)}$$

$$\text{Dit: } N_{\text{KOH}} (\text{Simplo}) = \dots?$$

$$N_{\text{KOH}} (\text{Duplo}) = \dots?$$

Penye:

a. Simplo

$$V_{\text{KOH}} \cdot N_{\text{KOH}} = V_{\text{HCL}} \cdot N_{\text{HCL}}$$

$$20 \text{ mL} \times N_{\text{KOH}} = 20.5 \text{ mL} \times 0.1 \text{ N}$$

$$N_{\text{KOH}} = \frac{2.05 \text{ N}}{20}$$

$$N_{\text{KOH}} = 0.1025 \text{ N}$$

b. Duplo

$$V_{\text{KOH}} \cdot N_{\text{KOH}} =$$

$$20 \text{ mL} \times N_{\text{KOH}} = 21.9 \text{ mL} \times 0.1 \text{ N}$$

$$N_{\text{KOH}} = \frac{2.19 \text{ N}}{20}$$

$$N_{\text{KOH}} = 0.1095 \text{ N}$$

Rata-rata:

$$N_{\text{KOH}} = \frac{\text{simplo} + \text{duplo}}{2}$$

$$N_{\text{KOH}} = \frac{0,1025 \text{ N} + 0,1095 \text{ N}}{2} = 0.106 \text{ N}$$

3. Perhitungan Kadar *Free Fatty Acid* (FFA)

a. Minyak Sebelum Pemurnian

Dik: $V_{\text{KOH}} = 7.60 \text{ mL} = 0.0076 \text{ L}$

Mr Asam Lemak = 264.27692 g/mol

$N_{\text{KOH}} = 0.106 \text{ N}$

Bobot sampel = 4.0042 g

Dit: % FFA = ...?

Penye:

$$\% \text{ FFA} = \frac{N_{\text{KOH}} \times \text{Mr minyak} \times V_{\text{KOH}}}{\text{Bobot sampel}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.106 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 264.27692 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.0076 \text{ L}}{4.0042} \times 100\%$$

$$= \frac{0.2129}{4.0042} \times 100\%$$

$$= 5.31692 \%$$

b. Minyak Setelah Pemurnian

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{N \text{ KOH} \times \text{Mr minyak} \times V \text{ KOH}}{\text{Bobot sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{0.085 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 264.27692 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.005 \text{ L}}{4.0008} \times 100\% \\ &= \frac{0.1123}{4.0008} \times 100\% = 2.8069\% \end{aligned}$$

c. Minyak Setelah Esterifikasi

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{N \text{ KOH} \times \text{Mr minyak} \times V \text{ KOH}}{\text{Bobot sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{0.085 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 264.27692 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.0007 \text{ L}}{4.0001} \times 100\% \\ &= \frac{0.0157}{4.0001} \times 100\% \\ &= 0.3924\% \end{aligned}$$

4. Penentuan Bobot untuk Reaksi Transesterifikasi**a. Minyak**

$$n = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}}$$

$$0.1 \text{ mol} = \frac{\text{massa}}{264.27692 \text{ g/mol}}$$

$$\text{Massa} = 26.427692 \text{ gram} \times 7 = 184.9938 \text{ gram}$$

b. Metanol

$$0.6 \text{ mol} = \frac{\text{massa}}{32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$\text{Massa} = 19.2 \text{ gram} \times 7 = 134.4 \text{ gram}$$

c. KOH 1% dari Bobot Minyak

$$\begin{aligned}\text{Bobot} &= \frac{1}{100} \times \text{bobot minyak} \\ &= \frac{1}{100} \times 184.9938 \text{ gram} \\ &= 1.849938 \text{ gram}\end{aligned}$$

5. Penentuan Nilai Konversi Biodiesel

$$\begin{aligned}\% \text{ Biodiesel} &= \frac{\text{Bobot Biodiesel}}{\text{Bobot Minyak}} \times 100\% \\ &= \frac{152.6 \text{ gram}}{184.9 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 82.53 \%\end{aligned}$$

6. Penentuan Nilai Densitas

$$\text{Bobot piknometer kosong (a)} = 15.8344 \text{ g}$$

$$\text{Bobot piknometer + aquades (b)} = 25.7799 \text{ g}$$

$$\text{Bobot aquades (b-a)} = 9.9455 \text{ g}$$

$$\text{Bobot piknometer + biodiesel (c)} = 24.3827 \text{ g}$$

$$\text{Bobot biodiesel (c-a)} = 8.5483 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}Sg^t &= \frac{c-a}{b-a} = \frac{8.5483 \text{ g}}{9.9455 \text{ g}} \\ &= 0.8595\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_4^t &= Sg^t \times d_{aq}^t \\ &= 0.8595 \times 0.997044 \text{ g/cm}^3 \\ &= 0.8569 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

7. Penentuan Nilai Viskositas

Dik:

$$t_{\text{aquades}} = 4.23 \text{ s}$$

$$t_{\text{biodiesel}} = 23 \text{ s}$$

$$\rho_{\text{aquades}} = 0.998 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\text{biodiesel}} = 0.8569 \text{ g/cm}^3$$

$$\mu_{\text{aquades}} = 1.009 \text{ P}$$

Dit: $\mu_{\text{biodiesel}} = \dots?$

Penye:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

$$\frac{\mu_{\text{Aquades}}}{\mu_{\text{Biodiesel}}} = \frac{\rho_{\text{Aquades}} \times t_{\text{Aquades}}}{\rho_{\text{Biodiesel}} \times t_{\text{Biodiesel}}}$$

$$\mu_{\text{Biodiesel}} = \frac{\mu_{\text{aquades}} \times \rho_{\text{Biodiesel}} \times t_{\text{Biodiesel}}}{\rho_{\text{aquades}} \times t_{\text{Aquades}}}$$

$$\mu_{\text{Biodiesel}} = \frac{1.009 \text{ P} \times 0.8569 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 23 \text{ s}}{0.998 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 4.23 \text{ s}}$$

$$\mu_{\text{Biodiesel}} = \frac{19.8860 \text{ P}}{4.2215} = 4.7106 \text{ P}$$

8. Penentuan Kadar FFA, Angka Asam dan Bilangan Peroksida Sebelum dan Setelah Penambahan Zat Antioksidan

a. Kadar FFA

1) Biodiesel Hasil Transesterifikasi

$$\text{Dik: } V_{\text{KOH}} = 0.4 \text{ mL} = 0.0004 \text{ L}$$

$$\text{Mr Asam Lemak} = 264.27692 \text{ g/mol}$$

$$N_{\text{KOH}} = 0.1225 \text{ N}$$

$$\text{Bobot sampel} = 1.7138 \text{ g}$$

Dit: % FFA = ...?

Penye:

$$\% \text{ FFA} = \frac{N_{\text{KOH}} \times \text{Mr minyak} \times V_{\text{KOH}}}{\text{Bobot sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ FFA} = \frac{0.1225 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 264.27692 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.0004 \text{ L}}{1.7138 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\% \text{ FFA} = \frac{1.2949}{1.7138}$$

$$\% \text{ FFA} = 0.7556 \%$$

2) Biodiesel Tanpa Antioksidan

$$\% \text{ FFA} = \frac{0.1225 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 264.27692 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.0005 \text{ L}}{1.7138 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\% \text{ FFA} = 0.9444 \%$$

3) Biodiesel dengan Antioksidan 0.01%

$$\% \text{ FFA} = \frac{0.1225 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 264.27692 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.00012 \text{ L}}{1.7138 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\% \text{ FFA} = 0.2266 \%$$

4) Biodiesel dengan Antioksidan 0.02%

$$\% \text{ FFA} = \frac{0.1225 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 264.27692 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.0002 \text{ L}}{1.7138 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\% \text{ FFA} = 0.3778 \%$$

5) Biodiesel dengan Antioksidan 0.03%

$$\% \text{ FFA} = \frac{0.1225 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 264.27692 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.0002 \text{ L}}{1.7138 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\% \text{ FFA} = 0.3778 \%$$

6) Biodiesel dengan Antioksidan 0.04%

$$\% \text{ FFA} = \frac{0.1225 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 264.27692 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.0003 \text{ L}}{1.7138 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\% \text{ FFA} = 0.3778 \%$$

7) Biodiesel dengan Antioksidan 0.05%

$$\% \text{ FFA} = \frac{0.1225 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 264.27692 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.0003 \text{ L}}{1.7138 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\% \text{ FFA} = 0.5666\%$$

8) Biodiesel dengan Antioksidan TBHQ

$$\% \text{ FFA} = \frac{0.1225 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 264.27692 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0.0002 \text{ L}}{1.7138 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\% \text{ FFA} = 0.3778 \%$$

b. Angka Asam**1) Biodiesel Hasil Transesterifikasi**

$$Aa = \frac{Mr \text{ KOH} \times N \text{ KOH} \times V \text{ KOH}}{\text{Bobot minyak}}$$

$$Aa = \frac{56.1 \frac{\text{g}}{\text{grek}} \times 0.1225 \frac{\text{grek}}{\text{L}} \times 0.4 \text{ mL}}{1.7138 \text{ g}}$$

$$Aa = \frac{\frac{56.1 \times 1000 \text{ mg}}{1000 \text{ grek}} \times \frac{0.1225 \times 1000 \text{ mg grek}}{1000 \text{ mL}} \times 0.4 \text{ mL}}{1.7138 \text{ g}}$$

$$Aa = 1,6039 \text{ mg-KOH/gram minyak}$$

2) Biodiesel Tanpa Antioksidan

$$Aa = \frac{\frac{56.1 \times 1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mgrek}} \times \frac{0.1225 \times 1000 \text{ mgrek}}{1000 \text{ mL}} \times 0.5 \text{ mL}}{1.7138 \text{ g}}$$

$$Aa = 2.0049 \text{ mg-KOH/gram minyak}$$

3) Biodiesel dengan Antioksidan 0.01%

$$Aa = \frac{\frac{56.1 \times 1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mgrek}} \times \frac{0.1225 \times 1000 \text{ mgrek}}{1000 \text{ mL}} \times 0.12 \text{ mL}}{1.7138 \text{ g}}$$

$$Aa = 0.4811 \text{ mg-KOH/gram minyak}$$

4) Biodiesel dengan Antioksidan 0.02%

$$Aa = \frac{\frac{56.1 \times 1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mgrek}} \times \frac{0.1225 \times 1000 \text{ mgrek}}{1000 \text{ mL}} \times 0.2 \text{ mL}}{1.7138 \text{ g}}$$

$$Aa = 0.8019 \text{ mg-KOH/gram minyak}$$

5) Biodiesel dengan Antioksidan 0.03%

$$Aa = \frac{\frac{56.1 \times 1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mgrek}} \times \frac{0.1225 \times 1000 \text{ mgrek}}{1000 \text{ mL}} \times 0.2 \text{ mL}}{1.7138 \text{ g}}$$

$$Aa = 0.8019 \text{ mg-KOH/gram minyak}$$

6) Biodiesel dengan Antioksidan 0.04%

$$Aa = \frac{\frac{56.1 \times 1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mgrek}} \times \frac{0.1225 \times 1000 \text{ mgrek}}{1000 \text{ mL}} \times 0.2 \text{ mL}}{1.7138 \text{ g}}$$

$$Aa = 0.8019 \text{ mg-KOH/gram minyak}$$

7) Biodiesel dengan Antioksidan 0.05%

$$Aa = \frac{\frac{56.1 \times 1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mgrek}} \times \frac{0.1225 \times 1000 \text{ mgrek}}{1000 \text{ mL}} \times 0.3 \text{ mL}}{1.7138 \text{ g}}$$

$$Aa = 1.2029 \text{ mg-KOH/gram minyak}$$

8) Biodiesel dengan Antioksidan TBHQ

$$Aa = \frac{\frac{56.1 \times 1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mgrek}} \times \frac{0.1225 \times 1000 \text{ mgrek}}{1000 \text{ mL}} \times 0.2 \text{ mL}}{1.7138 \text{ g}}$$

$$Aa = 0.8019 \text{ mg-KOH/gram minyak}$$

c. Bilangan Peroksida**1) Biodiesel Hasil Transesterifikasi**

$$\text{Dik: } V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0.4 \text{ mL}$$

$$N \text{ Na}_2\text{O}_3 = 0.1 \text{ N}$$

$$G = 0.42845 \text{ gram}$$

Dit: Bilangan peroksida=

Penye:

$$\begin{aligned} \text{Bilangan peroksida} &= \frac{V \times N \times 1000}{G} \\ &= \frac{0.4 \text{ mL} \times 0.1 \text{ N} \times 1000}{0.42845 \text{ g}} \end{aligned}$$

$$= \frac{40}{0.42845}$$

$$= 93.3597$$

2) Biodiesel Hasil Tanpa Antioksidan

$$\text{Bilangan peroksida} = \frac{0.5 \text{ mL} \times 0.1 \text{ N} \times 1000}{0.42845}$$

$$= \frac{50}{0.42845}$$

$$= 116.6997$$

3) Biodiesel dengan Antioksidan 0,01%

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{0.1 \text{ mL} \times 0.1 \text{ N} \times 1000}{0.42845 \text{ g}}$$

$$= \frac{10}{0.42845}$$

$$= 23.3399$$

4) Biodiesel dengan Antioksidan 0.02%

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{0.3 \text{ mL} \times 0.1 \text{ N} \times 1000}{0,42845 \text{ g}}$$

$$= \frac{30}{0.42845}$$

$$= 70.0198$$

5) Biodiesel dengan Antioksidan 0.03%

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{0.2 \text{ mL} \times 0.1 \text{ N} \times 1000}{0.42845 \text{ g}}$$

$$= \frac{20}{0.42845}$$

$$= 46.6798$$

6) Biodiesel dengan Antioksidan 0.04%

$$\begin{aligned}\text{Bilangan Peroksida} &= \frac{0.2 \text{ mL} \times 0.1\text{N} \times 1000}{0.42845 \text{ g}} \\ &= \frac{20}{0.42845} \\ &= 46.6798\end{aligned}$$

7) Biodiesel dengan Antioksidan 0.05%

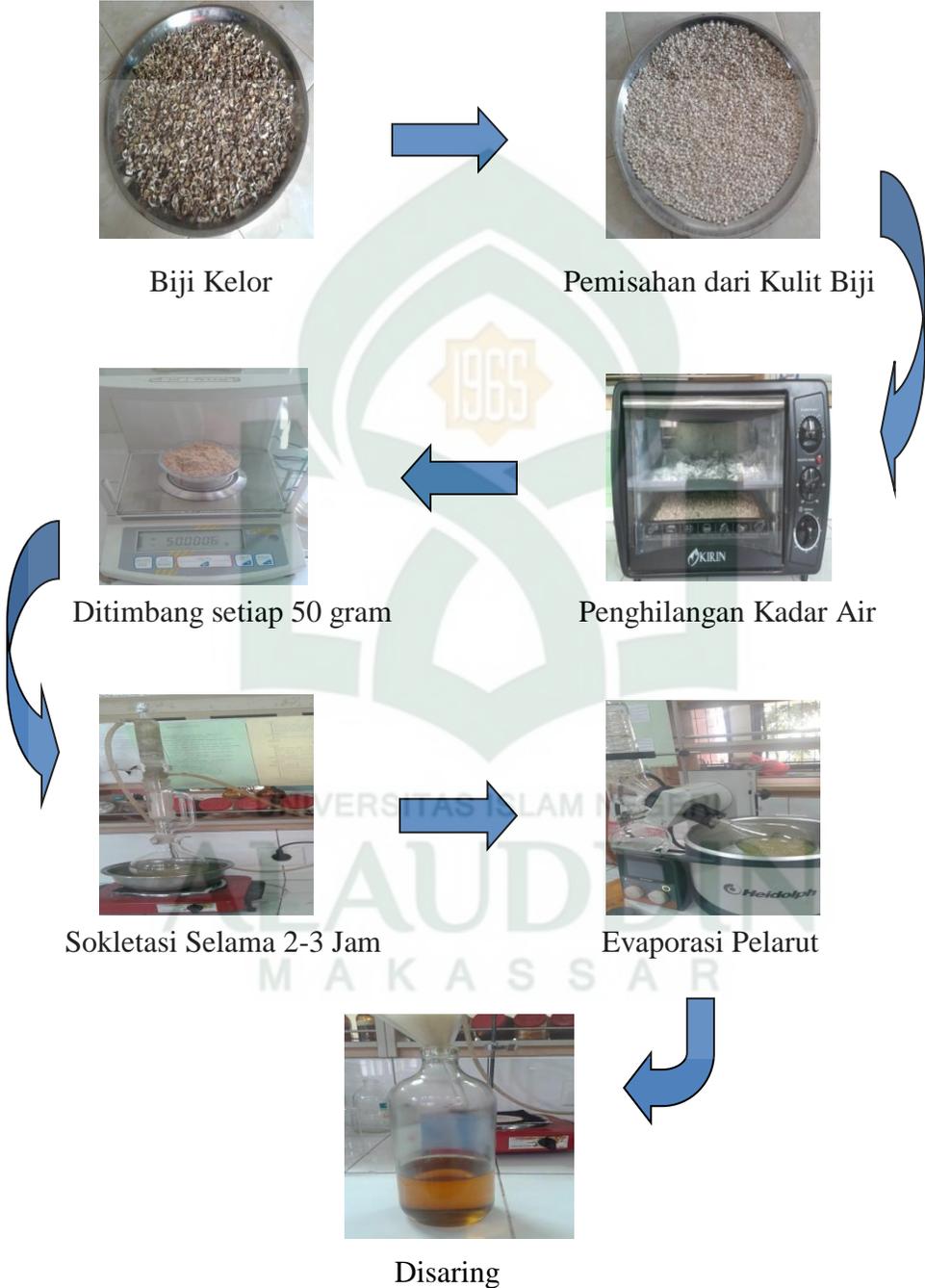
$$\begin{aligned}\text{Bilangan Peroksida} &= \frac{0.2 \text{ mL} \times 0.1\text{N} \times 1000}{0.42845 \text{ g}} \\ &= \frac{20}{0.42845} \\ &= 46.6798\end{aligned}$$

8) Biodiesel dengan Antioksidan TBHQ

$$\begin{aligned}\text{Bilangan Peroksida} &= \frac{0.2 \text{ mL} \times 0.1\text{N} \times 1000}{0.42845 \text{ g}} \\ &= \frac{20}{0.42845} \\ &= 46.6798\end{aligned}$$

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian

Pembuatan Minyak Biji Kelor



Pemurnian dengan Arang Aktif



Penimbangan Arang dan Minyak (1:20)



Pengadukan



Penyaringan ke-2

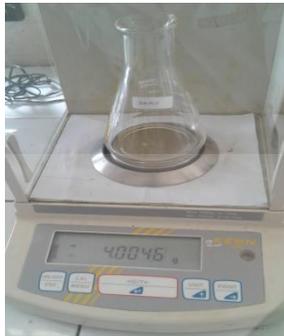


Penyaringan ke-1

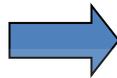


Hasil Penyaringan ke-3

Penentuan Bilangan Asam



Minyak Biji kelor 4 g



Penambahan Etanol 96% 10 mL



Penambahan indikator PP



Pemanasan 30 menit

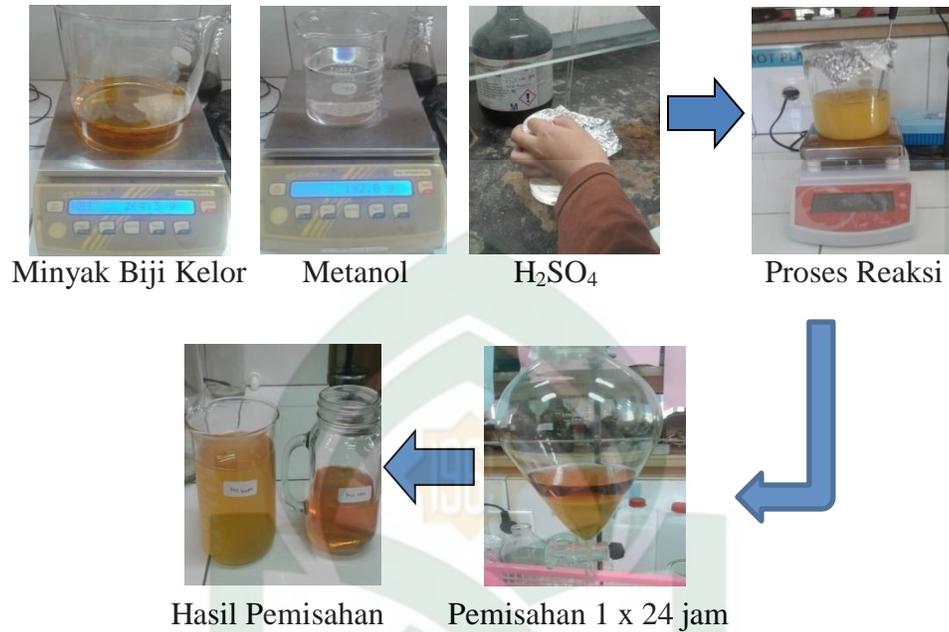


Proses Titrasi

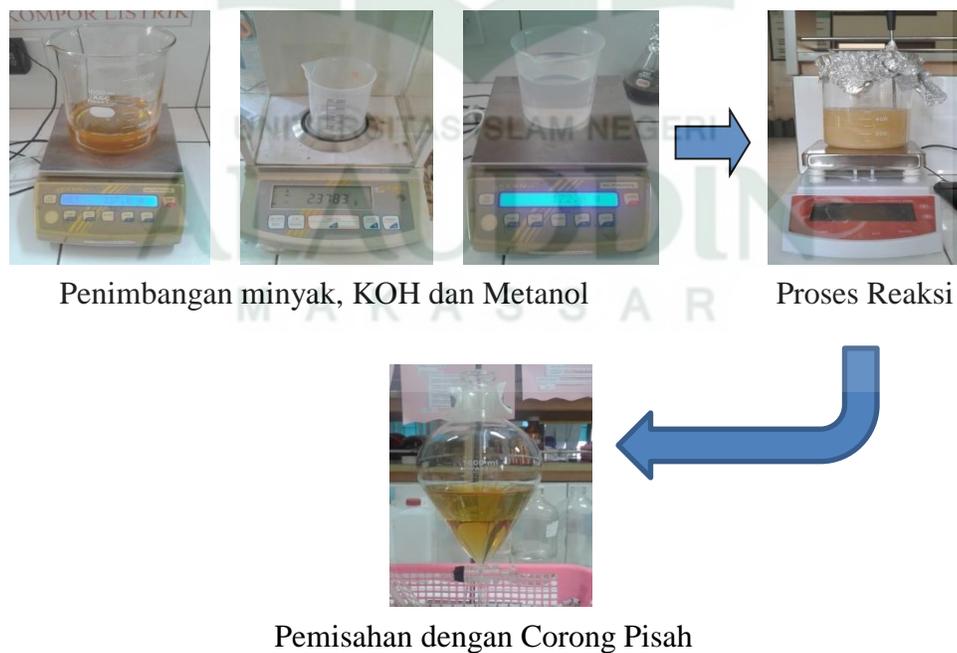


Hasil Titrasi

Esterifikasi Minyak Biji Kelor



Transesterifikasi Minyak Hasil Esterifikasi



Pemurnian Biodiesel



Biodiesel



Talk 1% dari bobot biodiesel



Pengadukan dengan *magnetic stirrer*



Penyaringan

Pengujian Sifat Fisik Biodiesel Minyak Biji Kelor

Uji Densitas



Penimbangan bobot H₂O



Penimbangan Bobot Biodiesel

Uji Viskositas



Perhitungan laju alir H₂O



Perhitungan laju alir biodiesel

Uji Titik Nyala



Ekstraksi Zat Antioksidan Daun Sirsak



Maserasi daun sirsak dengan etanol 96%



Hasil maserasi



Penimbangan bobot ekstrak



Penguapan pelarut



Uji Fitokimia Ekstrak

Penambahan Zat Antioksidan Kedalam Biodiesel



Penambahan Ekstrak Etanol Daun Sirsak



Penyimpanan Selama 14 Hari

Pengujian Kestabilan Biodiesel

Penentuan Bilangan Asam Biodiesel



Biodiesel



Etanol 96%



Indikator pp

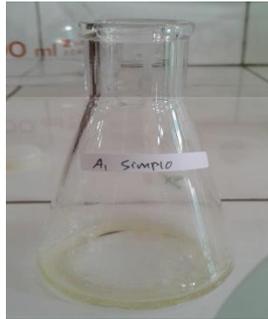


Proses Titration



Hasil Titration

Penentuan Bilangan Peroksida Biodiesel



Biodiesel



Asam Asetat:Kloroform



KI Jenuh



Aquades



Indikator Amilum

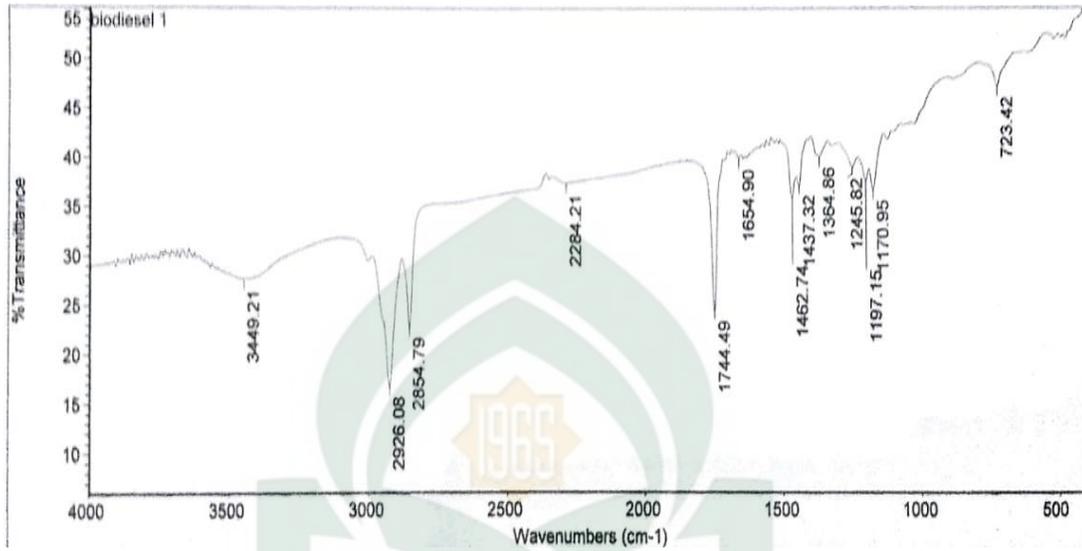


Proses Titiasi

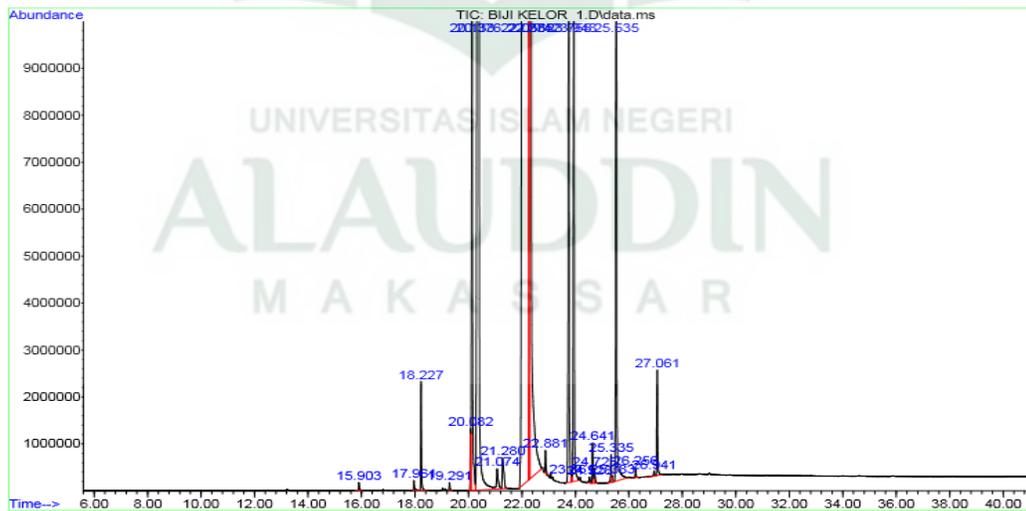


Hasil Titiasi

Lampiran 5. Gambar Spektrum Hasil Identifikasi Biodiesel



Hasil Identifikasi FT-IR



Hasil Identifikasi GC-MS

BIOGRAFI PENULIS



Masliah atau biasa dipanggil Lia lahir di Toppo Kecamatan Malunda Kabupaten Majene pada 19 Oktober 1995. Anak ke-3 dari empat bersaudara dari pasangan Basri dan Jania. Pendidikan Formal dimulai dari Taman Kanak-kanak (TK) tahun 2001 di TK Aisyiyah Darul Falah Mosso Kec. Malunda Kab. Majene. Kemudian melanjutkan pendidikan formal Sekolah Dasar (SD) pada tahun 2002 di SDN 02 Deking Kec. Malunda dan Alhamdulillah lulus dalam waktu 6 tahun pada tahun 2008. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Malunda Kec. Malunda dan lulus pada tahun 2011. Selanjutnya pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Malunda dan lulus pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar ke jenjang S1 pada Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R