

**PENENTUAN SUHU DAN WAKTU OPTIMUM PADA PEMBUATAN
BIODIESEL DARI MINYAK SAWIT HASIL EKSTRAKSI *SPENT*
BLEACHING EARTH (SBE) SECARA TRANSESTERIFIKASI**

SKRIPSI

Oleh

**Rafika Rahmawati
1814051024**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRACT

DETERMINATION OF OPTIMUM TEMPERATURE AND TIME FOR THE PRODUCTION OF BIODIESEL FROM PALM OIL BY TRANSESTERIFICATION OF SPENT BLEACHING EARTH (SBE) EXTRACTION

By

RAFIKA RAHMAWATI

The process of refining crude palm oil (CPO) not only produces refined bleached deodorized palm oil (RBDPO), but also produces by product such as Spent Bleaching Earth (SBE). SBE still contains 20-40% oil which has the potential to be used as a raw material for production of biodiesel. The method used to produce biodiesel is transesterification, which its reaction influenced mainly by reaction temperature and time, because they can affect the amount of yield and quality of biodiesel produced. This study aimed to determine the effect, interaction, and optimal conditions of reaction temperature and time factors in the transesterification process. The research was conducted factorially in three replications and arranged in a Completely Randomized Block Design (CRBD). The treatment consisted of 2 factors, namely reaction temperature (60°C and 65°C) and reaction time (60; 90; 120; 150 minutes). The data were tested for their homogeneity and additivity data using Bartlett's test and Tuckey's test respectively. The data were analyzed using analysis of variance and then further analyzed with Orthogonal Polynomials to see the response obtained in the study. The result showed that the optimum conditions were resulted from the T2M4 treatment (temperature 65°C and time 150 minutes) which resulted in a yield of 33.195%; acid number of 1.6045 mg KOH/gram; saponification number of 192,059 mg KOH/gram; iodine number of 43.807 g I₂/100 g; cetane index of 64,914 ; and water content of 4.388%.

Keywords: biodiesel, spent bleaching earth (SBE), transesterification

ABSTRAK

PENENTUAN SUHU DAN WAKTU OPTIMUM PADA PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK SAWIT HASIL EKSTRAKSI *SPENT BLEACHING EARTH* (SBE) SECARA TRANSESTERIFIKASI

Oleh

RAFIKA RAHMAWATI

Proses pemurnian minyak sawit mentah tidak hanya menghasilkan minyak kelapa sawit (RDBPO) yang dimurnikan, tetapi juga menghasilkan produk sampingan seperti *Spent Bleaching Earth* (SBE). SBE masih mengandung minyak 20-40% yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Metode yang digunakan untuk memproduksi biodiesel adalah reaksi transesterifikasi yang reaksinya terutama dipengaruhi oleh suhu dan waktu reaksi. karena dapat mempengaruhi jumlah rendemen dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh, interaksi, dan kondisi optimal faktor suhu dan waktu reaksi pada proses transesterifikasi. Penelitian dilakukan secara faktorial dengan tiga ulangan dan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) Perlakuan terdiri dari 2 faktor yaitu suhu reaksi (60°C dan 65°C) dan waktu reaksi (60; 90; 120; 150 menit). Data diuji keseragaman dan kemenambahan data dengan uji *Bartlett* dan uji *Tuckey*. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dan selanjutnya dianalisis lebih lanjut dengan Polinomial Ortogonal untuk melihat respon yang diperoleh pada hasil penelitian. Hasil penelitian terbaik diperoleh pada perlakuan T2M4 (suhu 65 °C dan waktu 150 menit) yang menghasilkan rendemen 33,195%; bilangan asam 1,6045 mg KOH/gram; bilangan penyabunan 192,059 mg KOH/gram; bilangan iod 43,807 g I₂/100 g; indeks setana 64,914 ; dan kadar air 4,388%.

Kata kunci : biodiesel, tanah pemucat bekas (SBE), transesterifikasi

**PENENTUAN SUHU DAN WAKTU OPTIMUM PADA PEMBUATAN
BIODIESEL DARI MINYAK SAWIT HASIL EKSTRAKSI *SPENT*
BLEACHING EARTH (SBE) SECARA TRANSESTERIFIKASI**

Oleh

RAFIKA RAHMAWATI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **PENENTUAN SUHU DAN WAKTU REAKSI
OPTIMUM PADA PEMBUATAN
BIODIESEL DARI MINYAK SAWIT HASIL
EKSTRAKSI *SPENT BLEACHING EARTH*
(SBE) SECARA TRANSESTERIFIKASI**

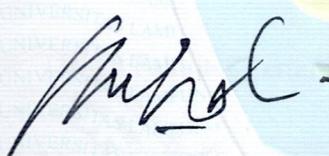
Nama Mahasiswa : **Rafika Rahmawati**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1814051024

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

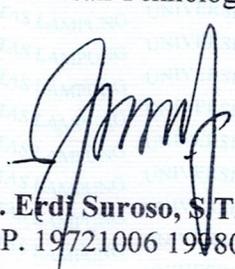
Fakultas : Pertanian




Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 19640326 198902 1 001


Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc.
NIP. 19660314 199003 1 009

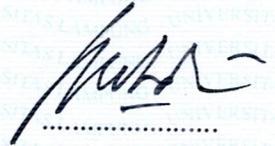
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.
NIP. 19721006 19803 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

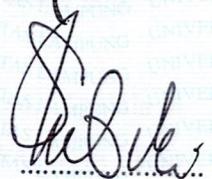
Ketua : Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.



Sekretaris : Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 5 Desember 2022

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rafika Rahmawati

NPM : 1814051024

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 5 Desember 2022
Pembuat Pernyataan



Rafika Rahmawati
NPM. 1814051024

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Waringinsari pada tanggal 10 Maret 2000 sebagai anak ke tiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Samsul (alm) dan Ibu Supini. Penulis mengawali pendidikan Taman Kanak Kanak di TK Islamiyah Al-Fikri yang selesai pada tahun 2006. Kemudian sekolah dasar di SD Negeri 3Sukoharjo 3 yang selesai pada tahun 2012. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP N 1 Sukoharjo yang selesai pada tahun 2015. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Pringsewu dan lulus pada tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Mandiri pada bulan Februari sampai Maret 2021 di Desa Pandan Surat, Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Pringsewu. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di UMKM Robbani Snack, Pringsewu Lampung dan menyelesaikan laporan PU dengan judul “Mempelajari Proses Produksi dan Pengemasan Produk Keripik Singkong di UMKM Robbani Snack Pringsewu”.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa Forum Studi Islam (FOSI) Fakultas Pertanian dan menjabat sebagai anggota bidang Kaderisasi pada tahun 2018/2019 dan menjabat sebagai sekretaris bidang Syiar Islam dan Keumatan pada tahun 2019/2020. Pada tahun 2019, penulis berpartisipasi sebagai panitia khusus (Pansus) pada pemilihan raya Universitas Lampung. Pada tahun 2021, penulis aktif di DPM U KBM Unila sebagai anggota badan kajian.

SANWACANA

Alhamdulillah *rabbi'l' alamin*, segala puji dan syukur penulis panjatkan atas semua limpahan rahmat, kemudahan, kesehatan, kemampuan, pengetahuan, dan keberkahan serta ridha dari Allah SWT., sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “Penentuan Suhu dan Waktu Optimum Pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit Hasil Ekstraksi *Spent Bleaching Earth*(SBE) secara Transesterifikasi.” Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari keterlibatan berbagai pihak, jadi pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan banyak bantuan, arahan, saran, masukan dan motivasi selama perkuliahan, pelaksanaan dan penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku dosen pembimbing pertama atas semua bantuan, nasihat, saran dan masukan, serta motivasi yang telah diberikan selama penyusunan skripsi.
5. Bapak Dr. Ir. Subeki, M.Si., M.Sc., selaku dosen pembahas, terimakasih untuk semua saran dan masukan serta nasihat yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat lebih baik.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar atas ilmu yang diberikan selama diperkuliahan, staff administrasi serta pranata Laboratorium THP atas bantuannya selama penulis melaksanakan penelitian dan perkuliahan

7. Kedua orangtua tersayang Ayahanda Samsul (alm), Ibunda Supini, dan kakak-kakak yang selalu memberikan dukungan dan nasihat terbaik, serta do'a yang tidak terputus sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan perkuliahan ini dengan baik.
8. Teman-temanku seperjuangan sambat Aul, Inay, Dara, Monic, dan Novi terimakasih sudah mendengarkan keluh kesah, membantu dan mendukung serta memberikan motivasi untuk tetap semangat menyelesaikan perkuliahan dan penelitian.
9. Teman-teman Sahabat syurga dan Kabinet Progresif Inspiratif FOSI Fakultas Pertanian periode 2020, yang sudah memberikan banyak pembelajaran, ilmu baru, dan pengalaman yang dapat menjadi bekal untuk penulis, serta kenangan indah semasa perkuliahan dan berorganisasi.
10. Tim penelitian SBE Aul, Jeki, dan Nurhanifah yang sudah banyak memberikan bantuan, saling bertukar keluh kesah, saling memotivasi untuk tetap semangat menyelesaikan penelitian dan perskripsian.
11. Teman-teman kelas THP B dan keluarga THP angkatan 2018 yang sudah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan membutuhkan banyak perbaikan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran sebagai bahan perbaikan untuk penulisan selanjutnya. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat untuk kita semua *Aamiin yarabbal 'alamin...*

Bandar Lampung, 5 Desember 2022
Penulis

Rafika Rahmawati

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Kerangka Pemikiran.....	4
1.4 Hipotesis.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Minyak Kelapa Sawit.....	9
2.2 <i>Spent Bleaching Earth</i> (SBE).....	10
2.4 Transesterifikasi.....	13
2.5 Suhu dan Waktu Reaksi.....	16
III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....	18
3.3 Metode Penelitian.....	18
3.4 Prosedur Penelitian.....	19
3.5 Variabel Pengamatan.....	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Penelitian Pendahuluan.....	29
4.2 Rendemen Biodiesel.....	31
4.3 Bilangan Asam Biodiesel.....	33

4.4 Bilangan Penyabunan Biodiesel	35
4.5 Bilangan Iod Biodiesel	38
4.6 Indeks Setana Biodiesel	40
4.7 Kadar Air Biodiesel	43
4.8 Penentuan Perlakuan Terbaik	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tabel SNI 04 7182 2015 Persyaratan mutu biodiesel	12
2. Kombinasi perlakuan	19
3. Karakteristik Minyak dari Ekstraksi <i>Spent Belaching Earth</i>	29
4. Pemingkatan dan Pemberian Nilai pada Pramaeter Biodiesel	45
5. Pemilihan Perlakuan Terbaik Biodiesel.....	47
6. Data rendemen biodiesel.....	55
7. Uji Bartlett rendemen biodiesel.....	55
8. Analisis ragam rendemen biodiesel	56
9. Uji polinomial orthogonal rendemen biodiesel	56
10. Data bilangan asam biodiesel	57
11. Uji Bartlett bilangan asam biodiesel	57
12. Analisis ragam bilangan asam biodiesel.....	58
13. Uji polinomial orthogonal bilangan asam biodiesel	58
14. Data bilangan penyabunan biodiesel	59
15. Uji Bartlett bilangan penyabunan biodiesel	59
16. Analisis ragam bilangan penyabunan biodiesel	60
17. Uji polinomial orthogonal bilangan penyabunan biodiesel.....	60
18. Data bilangan iod biodiesel	61
19. Uji Bartlett bilangan iod biodiesel	61
20. Analisis ragam bilangan iod biodiesel	62
21. Uji polinomial orthogonal bilangan iod biodiesel.....	62
22. Data indeks setana biodiesel.....	63
23. Uji Bartlett indeks setana biodiesel.....	63
24. Analisis ragam indeks setana biodiesel	64
25. Uji polinomial orthogonal indeks setana biodiesel	64

26. Data kadar air biodiesel	65
27. Uji Bartlett kadar air biodiesel	65
28. Analisis sidik ragam kadar air biodiesel.....	66
29. Uji polinomial orthogonal kadar air biodiesel.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Reaksi transesterifikasi	15
2. Diagram alir ekstraksi minyak SBE.....	20
3. Diagram alir proses esterifikasi minyak SBE.....	23
4. Diagram alir proses transesterifikasi.....	24
5. Grafik rendemen biodiesel.....	31
6. Grafik bilangan asam biodiesel	33
7. Grafik bilangan penyabunan biodiesel	36
8. Grafik bilangan iod biodiesel	38
9. Grafik indeks setana biodiesel.....	41
10. Karakterisasi kadar minyak, kadar air, kadar ALB, dan kadar abu..	67
11. Proses ekstraksi minyak SBE.....	62
12. Proses esterifikasi-transesterifikasi.....	67
13. Proses destilasi metanol.....	62
14. Proses pemisahan dan pencucian metil ester.....	67
15. Proses pengeringan biodiesel	67
16. Titrasi uji bilangan asam.....	63
17. Hasil uji bilangan asam.....	68
18. Titrasi uji bilangan penyabunan.....	63
19. Hasil uji bilangan penyabunan.....	68
20. Pendiaman sampel uji iod.....	63
21. Sampel uji iod sebelum dititrasi.....	68
22. Hasil uji iod setelah dititrasi	68

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Indonesia adalah negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Minyak kelapa sawit merupakan minyak yang dihasilkan dari pengolahan buah kelapa sawit. Prospek perkembangan industri minyak kelapa sawit saat ini sangat pesat yakni dengan peningkatan luas area maupun produksi kelapa sawit. Pada tahun 2019 produksi *crude palm oil* (CPO) di Indonesia sebesar 47,18 juta ton dan mengalami peningkatan hingga pada tahun 2021 mencapai 49,7 juta ton (Dirjen Perkebunan, 2021).

Proses pemurnian CPO memerlukan *bleaching earth* (BE) dalam jumlah banyak. Peningkatan konsumsi BE akan mengakibatkan peningkatan jumlah tanah pemucat bekas yang digunakan. Kebutuhan tanah pemucat (BE) ini akan terus bertambah seiring dengan peningkatan proses pemurnian CPO di Indonesia. Proses *bleaching* akan menghasilkan *Spent Bleaching Earth* (SBE), dan SBE ini tidak dapat digunakan kembali sebagai bahan pemurni CPO. Saat ini industri *refinery* minyak nabati hanya menimbun SBE pada suatu lahan tertentu.

SBE merupakan limbah padat hasil pemurnian minyak sawit (CPO) yang berupa campuran antara lempung dengan senyawa hidrokarbon dari CPO. SBE hasil pemurnian minyak sawit (CPO) dalam jumlah banyak biasanya akan dibuang pada suatu lahan (*landfill*) (Krisyanti dan Sukandar, 2011). SBE (tanah pemucat bekas) adalah limbah industri, terutama dihasilkan dari pengolahan minyak nabati yang umumnya masih mengandung 20-40% minyak (Musa *et al.*, 2018). Tanah pemucat bekas (SBE) hasil pemurnian CPO dapat menimbulkan dampak negatif yaitu menyebabkan pencemaran lingkungan (Wahyudi, 2000) dan pembuangan

SBE tersebut dapat menyebabkan banyak masalah lingkungan seperti potensi masalah pembakaran spontan yang dapat terjadi akibat oksidasi asam lemak tak jenuh (Merikhy *et al.*, 2019). SBE perlu penanganan khusus agar tidak menimbulkan masalah bagi industri pemucatan minyak sawit (CPO).

Tanah pemucat bekas (SBE) yang masih memiliki kandungan minyak yang cukup tinggi berpotensi menjadi bahan baku untuk menghasilkan produk biodiesel. Biodiesel dapat digunakan sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak nabati atau lemak hewan. Selain sebagai bahan bakar terbarukan, biodiesel juga bersifat biodegradable, tidak beracun, bebas dari sulfur dan senyawa aromatik (Hambali dan Ferobie, 2010). Produksi biodiesel dari minyak yang terkandung dalam SBE dapat dilakukan melalui dua tahap yaitu tahap ekstraksi minyak dari SBE dan tahap transesterifikasi minyak menjadi biodiesel dan kedua tahapan tersebut dapat dilakukan dengan cara terpisah dan kontinyu (Kartika *et al.*, 2015).

Ekstraksi minyak dari SBE dilakukan dengan menggunakan metode ekstraksi pelarut atau sokletasi, hal ini merupakan metode yang paling disukai dan banyak digunakan karena lebih ekonomis tanpa memerlukan tambahan teknologi mahal (Merikhy *et al.*, 2019). Pemilihan pelarut heksana untuk ekstraksi minyak disebabkan karena minyak dan pelarut memiliki tingkat kepolaran yang sama. Selain itu, titik didih heksana yang rendah mempermudah proses pemisahan minyak dengan pelarut dan menghindari kerusakan minyak (Ahmad *et al.*, 2020). Minyak hasil ekstraksi SBE ini dapat digunakan untuk aplikasi industri seperti sebagai bahan baku untuk biofuel kilang minyak, pelumas, oleokimia, pakan ternak, dan pupuk (Arpornpong *et al.*, 2018). Minyak hasil ekstraksi SBE juga dapat diolah menjadi metil ester (biodiesel), hal ini dikarenakan minyak sudah tidak lagi *food grade* atau dengan kata lain minyak tersebut tidak dapat dikonsumsi, karena minyak hasil ekstraksi tersebut masih mengandung kadar asam lemak bebas yang tinggi yakni lebih dari 2% (Young, 1987).

Transesterifikasi adalah metode yang saat ini paling umum digunakan untuk proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati seperti CPO. Reaksi transesterifikasi memiliki kelebihan yaitu lebih cepat dan memerlukan alkohol lebih sedikit (Gerpen, 2005). Selain itu juga reaksi transesterifikasi secara konvensional ini dilakukan dengan menggunakan katalis basa homogen dan proses ini dapat menghasilkan biodiesel dengan kemurnian dan rendemen yang tinggi dalam waktu yang pendek (Thinnakorn dan Tscheikuna, 2014). Proses transesterifikasi ini bertujuan untuk mengubah (mono, di, tri) gliserida yang banyak terdapat pada minyak kelapa sawit dan menjadi metil ester asam lemak (Knothe, 2005). Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya waktu reaksi, suhu, jenis katalis, dan perbandingan rasio molar trigliserida dengan alkohol, kandungan air bahan/SBE, dan kecepatan pengadukan (Wahyuni *et al.*, 2015).

Minyak nabati yang memiliki asam lemak bebas yang tinggi (>2%) perlu melalui proses esterifikasi (Ramadhas *et al.*, 2004). Kandungan ALB yang tinggi akan mengakibatkan terjadinya proses penyabunan sehingga menyulitkan proses pencucian dan dapat menghilangkan produk (Sudradjat *et al.*, 2010). Pembentukan sabun pada proses produksi biodiesel menyebabkan kesulitan dalam proses pemisahan dan pemurnian biodiesel (Sathyaselvabala *et al.*, 2010). Kadar ALB yang semakin tinggi, maka kualitasnya semakin menurun (Nurhasnawati, 2015).

Hasil-hasil dari penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi biodiesel yang dihasilkan seperti faktor waktu dan suhu reaksi. Faktor waktu dan suhu reaksi yang optimal akan menghasilkan rendemen biodiesel yang tinggi dan menghasilkan biodiesel dengan kualitas yang baik. Akan tetapi, apabila waktu dan suhu yang terlalu tinggi dan terlalu rendah, maka akan mempengaruhi rendemen dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu dan suhu reaksi pada berbagai perlakuan terhadap produksi biodiesel melalui proses transesterifikasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh suhu reaksi dalam proses transesterifikasi terhadap produk biodiesel.
2. Mengetahui pengaruh waktu reaksi dalam proses transesterifikasi terhadap produk biodiesel.
3. Mengetahui perlakuan terbaik dari suhu reaksi dan waktu reaksi dalam proses transesterifikasi terhadap produk biodiesel.

1.3 Kerangka Pemikiran

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkil ester dari rantai panjang asam lemak. Menurut Ni *et al.* (2015), biodiesel tergolong bahan bakar yang dapat diperbarui karena diproduksi dari hasil pertanian. Biodiesel terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak nabati atau lemak hewan dan digunakan sebagai alternatif bahan bakar dari mesin diesel tanpa memerlukan modifikasi mesin. Biodiesel selain sebagai bahan bakar terbarukan juga bersifat biodegradable, tidak beracun, bebas dari sulfur dan senyawa aromatik (Hambali dan Ferobie, 2010). Produksi biodiesel memanfaatkan SBE (*Spent Bleaching Earth*) karena masih mengandung minyak nabati sekitar 20-40% (Musa *et al.*, 2018). Minyak nabati hasil *recovery* SBE (*Spent Bleaching Earth*) berpotensi untuk dijadikan bahan baku produksi metil ester (biodiesel), hal ini dikarenakan minyak sudah tidak masuk kategori *food grade* atau dengan kata lain minyak tersebut tidak dapat dikonsumsi, karena minyak hasil ekstraksi tersebut masih mengandung kadar asam lemak bebas yang tinggi yakni lebih dari 2% (Young, 1987).

Minyak hasil ekstraksi SBE (*Spent Bleaching Earth*) mengandung asam lemak bebas yang tinggi. Asam lemak bebas yang terkandung dari ekstraksi minyak pada SBE (*Spent Bleaching Earth*) merupakan salah satu hal penentu untuk mengkonversi minyak menjadi biodiesel. Berdasarkan penelitian Singh (2007)

SBE (*Spent Bleaching Earth*) yang berasal dari industri oleokimia memperoleh hasil ekstrak minyak dengan persentase asam lemak bebas berkisar diatas 3,1 % . Kandungan asam lemak bebas pada minyak hasil ekstraksi SBE tersebut akan mempengaruhi proses yang dilakukan dalam mengonversi minyak hasil ekstraksi SBE (*Spent Bleaching Earth*) menjadi biodiesel. Tingginya kadar asam lemak bebas mengakibatkan pembentukan sabun karena apabila asam lemak bebas bereaksi dengan katalis basa (Knothe *et al.*, 2005). Pembentukan sabun pada proses produksi biodiesel menyebabkan kesulitan dalam proses pemisahan dan pemurnian biodiesel (Sathyaselvabala *et al.*,2010). Untuk mengatasi hal ini, proses produksi biodiesel secara dua tahap (esterifikasi-transesterifikasi) dapat dijadikan sebagai teknologi alternatif.

Reaksi esterifikasi dilakukan jika kadar asam lemak bebas dalam bahan baku tinggi (>2%). Selanjutnya tahap konversi minyak menjadi metil ester (biodiesel) menggunakan reaksi transesterifikasi. Transesterifikasi yaitu proses reaksi antara trigliserida dengan alkohol. Menurut Wahyuniet *al.*(2015) reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh lama waktu dan suhu proses reaksi. Menurut Aziz (2007) semakin tinggi suhu pada proses transesterifikasi menyebabkan gerakan molekul semakin cepat atau energi kinetik yang dimiliki molekul-molekul pereaksi semakin besar sehingga tumbukan antara molekul pereaksi juga meningkat. Suhu juga akan mempengaruhi viskositas dan densitas, karena viskositas dan densitas merupakan dua parameter fisis penting yang mempengaruhi pemanfaatan biodiesel sebagai bahan bakar (Ramirez *et al.*, 2011). Sedangkan waktu pengendapan metil ester saat proses transesterifikasi akan mempengaruhi bilangan asam dan bertujuan untuk memisahkan gliserol dan biodiesel.

Berdasarkan penelitian Hidayati *et al.*(2017) tentang pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas dengan metode transesterifikasi didapatkan bahwa rendemen terkecil diperoleh pada suhu 30°C dan waktu reaksi selama 1,5 jam yaitu sebesar 24,5%. Sedangkan untuk rendemen terbesar diperoleh 41% dengan suhu reaksi 60°C dan waktu reaksi 2,5 jam. Penelitian tersebut diperoleh hasil rendemen yang meningkat seiring waktu dan suhu yang meningkat. Pada

penelitian Sinaga *et al.* (2014) tentang pembuatan biodiesel dari minyak jelantah diperoleh bahwa rendemen biodiesel paling optimum diperoleh pada suhu 65°C dan waktu 30 menit dengan 72,87% metil ester dan rendemen biodiesel terendah diperoleh pada suhu 45°C dan waktu 5 menit dengan rendemen 66,79% metil ester.

Menurut Sipahutar dan Tobing (2013) dalam memvariasi suhu konversi biodiesel dari minyak jarak diperoleh suhu optimum pada 60°C, sedangkan penelitian Modiba *et al.* (2014) dihasilkan suhu optimum pada 70°C dengan yield 91,4%. Sehingga dapat diketahui bahwa suhu optimum reaksi transesterifikasi berada pada suhu 60-70°C. Berdasarkan penelitian Wahyuni *et al.* (2015) yang meneliti tentang pengaruh suhu proses dan lama pengendapan terhadap kualitas biodiesel dari minyak goreng bekas. Hasil yang diperoleh yaitu pada variasi suhu 50°C menghasilkan rendemen terbesar yaitu 76%, viskositas 5.923 Cst; densitas 864.418 Kg/m³; serta *flash point* >110°C sedangkan variasi waktu tidak berpengaruh secara signifikan terhadap metil ester yang dihasilkan. Penelitian yang dilakukan oleh Hidayati *et al.* (2017) tentang pembuatan biodiesel dari minyak bekas diperoleh bahwa rendemen biodiesel terbesar diperoleh dalam waktu 3 jam pada suhu 60°C dengan kecepatan pengadukan 600 rpm, rasio perbandingan molar 1:9 dan jumlah katalis 5% yaitu sekitar 21%, sehingga sesuai dengan teori yaitu semakin lama waktu dan semakin tinggi suhu transesterifikasi, maka biodiesel yang akan dihasilkan akan semakin banyak. Pada penelitian yang dilakukan Wendi *et al.* (2015) tentang pengaruh suhu reaksi dan jumlah katalis pada pembuatan biodiesel dari limbah lemak sapi diperoleh kondisi terbaik untuk yield maksimum dari biodiesel lemak sapi adalah 82,43% yang didapat dengan menggunakan perbandingan mol metanol / lemak sapi adalah 9:1 pada suhu 55°C dengan waktu reaksi 1,5 jam dan katalis CaO 3% (b/b).

Waktu merupakan faktor yang berpengaruh dalam proses terbentuknya biodiesel melalui reaksi transesterifikasi. Semakin lama waktu reaksi, maka semakin besar pula rendemen biodiesel yang akan didapatkan. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu reaksi maka akan memberikan kesempatan partikel-partikel

reaktan saling bertumbukan. Akan tetapi waktu yang berlebihan dari kondisi optimum akan menyebabkan menurunnya rendemen biodiesel. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak-balik, oleh karena itu waktu reaksi yang terlalu lama juga tidak baik sebab mampu menyebabkan produk berkurang karena adanya kesetimbangan balik. Metilester yang telah terbentuk dapat kembali menjadi trigliserida karena kesetimbangan balik tersebut di mana kondisi ini sangat tidak diinginkan (Maharani dan Zuliyana, 2010). Menurut Ramachandran *et al.* (2013) rendemen biodiesel bisa menurun disebabkan karena terjadinya reaksi balik (*backward reaction*) dan terjadinya pembentukan sabun yang akan menghalangi proses pembentukan biodiesel.

Suhu juga berpengaruh terhadap hasil akhir biodiesel. Semakin tinggi suhu, maka rendemen yang dihasilkan juga akan semakin besar. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya suhu reaksi maka partikel reaktan akan bergerak lebih cepat sehingga intensitas tumbukan antar partikel akan lebih intens dan semakin efektif. Rendemen yang dihasilkan diperoleh dengan waktu reaksi yang berbeda-beda yaitu 1-24 jam dan besar kecilnya suhu reaksi juga mempengaruhi rendemen yang dihasilkan (Poltack, 2013). Suhu yang semakin tinggi akan menyebabkan semakin banyak energi yang digunakan reaktan untuk saling bertumbukan dalam mencapai energi aktivasi (Nurhayati, 2014). Proses transesterifikasi dengan penggunaan suhu menjadi hal yang perlu diperhatikan lebih lanjut, karena penggunaan metanol sebagai pelarut. Suhu terlalutinggi dapat membuat metanol menguap terlebih dahulu dan menyebabkan kontak antara metanol dan bahan produksi biodiesel tidak optimal sehingga mengurangi hasil konversi (Sedghamiz *et al.*, 2019). Suhu yang dapat digunakan untuk reaksi esterifikasi/transesterifikasi adalah pada rentang suhu 30-65°C. Suhu yang digunakan dalam reaksi ini tidak boleh melebihi suhu titik didih dari metanol, yaitu 65°C.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya dapat diketahui bahwa waktu dan suhu reaksi berpengaruh terhadap produk biodiesel yang dihasilkan. Akan tetapi penelitian tentang produksi biodiesel secara transesterifikasi dari minyak sawit hasil ekstraksi SBE (*Spent Bleaching Earth*)

dengan pengaruh waktu suhu belum banyak dilakukan. Oleh karena itu penulis akan melakukan penelitian tersebut dengan mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya, sehingga diharapkan penelitian ini menghasilkan biodiesel yang berkualitas.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terdapat pengaruh suhu reaksi dalam proses transesterifikasi terhadap produk biodiesel.
2. Terdapat pengaruh waktu reaksi dalam proses transesterifikasi terhadap produk biodiesel.
3. Terdapat perlakuan terbaik yang dihasilkan dari suhu reaksi dan waktu reaksi dalam proses transesterifikasi terhadap produk biodiesel.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) dari famili palmae merupakan salah satu sumber minyak nabati. Potensi kelapa sawit di Indonesia sangat besar dan perkebunan kelapa sawit di Indonesia saat ini sudah berkembang dengan pesat. Tanaman kelapa sawit memiliki banyak kegunaan. Hasil tanaman ini dapat digunakan pada industri pangan dan non pangan (Dianto *et al.*, 2017). Minyak kelapa sawit merupakan minyak nabati berwarna jingga kemerah-merahan yang diperoleh dari proses ekstraksi daging buah kelapa sawit. Minyak kelapa sawit mengandung senyawa antioksidan seperti betakaroten, tokoferol dan tokotrienol. Asam lemak yang terkandung di dalam minyak kelapa sawit sebagian besar adalah asam lemak jenuh yaitu asam palmitat.

Asam lemak jenuh bersifat lebih stabil (Almatsier, 2001), asam lemak tak jenuh mengandung dua atau lebih ikatan rangkap, berbentuk cair pada suhu 25°C bahkan pada suhu dingin karena titik beku asam lemak tak jenuh lebih tinggi dibandingkan titik beku asam lemak jenuh. Trigliserida dapat berbentuk cair atau padat, tergantung asam lemak penyusunnya. Trigliserida akan berbentuk cair jika mengandung sejumlah besar asam lemak tak jenuh yang mempunyai titik cair rendah. Selain trigliserida, minyak nabati biasanya mengandung sekitar 5-8% asam lemak bebas (*free fatty acid*). Asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak nabati dapat mengikat ion natrium, sehingga dapat menurunkan keaktifan natrium hidroksida sebagai katalis reaksi transesterifikasi (Arita *et al.*, 2008). Mutu minyak kelapa sawit dipengaruhi oleh kadar asam lemak bebasnya, karena minyak sawit yang kadar asam lemak bebasnya tinggi akan cepat berbau tengik. Faktor yang dapat menyebabkan naiknya kadar asam lemak bebas dalam minyak

kelapa sawit (CPO) antara lain adalah kadar air dalam minyak kelapa sawit (CPO). Pada proses pembuatan biodiesel, kandungan asam lemak bebas dalam minyak/lemak dapat bereaksi dengan katalis basa seperti KOH, NaOH akan membentuk sabun, sehingga menyebabkan sulitnya katalis dalam membentuk methyl ester (biodiesel) (Arita *et al.*, 2008).

2.2 *Spent Bleaching Earth* (SBE)

Spent Bleaching Earth adalah limbah padat yang dihasilkan dari industri pemurnian minyak goreng. SBE termasuk ke dalam limbah hasil pemucatan (*bleaching*) pada proses pemurnian di industri minyak goreng sehingga termasuk ke dalam golongan limbah hasil pengolahan lemak hewan/nabati dan derivatnya. Tahap perlakuan pemurnian minyak kasar terdiri dari proses penghilangan gum dan pemucatan yang menghasilkan SBE dalam jumlah banyak. SBE (*Spent Bleaching Earth*) merupakan campuran antara tanah liat dan minyak yang sifatnya mudah terbakar. SBE memiliki komposisi tanah pemucat berupa *montmorillonite* sekitar 85% yang terdiri dari SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, dan MgO (Tsai *et al.*, 2002).

Proses *bleaching* akan menghasilkan *Spent Bleaching Earth* (SBE), dan SBE ini tidak dapat digunakan kembali sebagai bahan pemurni CPO. SBE hasil pemurnian minyak sawit (CPO) dalam jumlah banyak biasanya akan dibuang pada suatu lahan (*landfill*) (Krisyanti dan Sukandar, 2011). Limbah *Bleaching Earth* akan menimbulkan pencemaran lingkungan jika tidak dilakukan penanganan yang tepat, karena limbah *Bleaching Earth* masih mengandung minyak nabati sebesar 20-40% (Musa *et al.*, 2018). Menurut Chang *et al.* (2006), SBE umumnya langsung dibuang ke lahan setelah ditambahkan air untuk mengurangi sifat keterbakarannya. Residu minyak hasil ekstraksi SBE ini masih memiliki kandungan asam lemak bebas yang tinggi yaitu lebih dari 2%, sehingga jika tidak dilakukan penanganan yang tepat maka dapat mencemari lingkungan. Minyak hasil ekstraksi SBE ini dapat digunakan untuk aplikasi industri seperti sebagai bahan baku untuk biofuel kilang minyak, pelumas, oleokimia, pakan ternak, dan

pupuk (Arpornpong *et al.*, 2018). Minyak hasil ekstraksi SBE juga dapat diolah menjadi metil ester (biodiesel), hal ini dikarenakan minyak sudah tidak lagi food grade atau dengan kata lain minyak tersebut tidak dapat dikonsumsi. (Young, 1987).

2.3 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak. Biodiesel digunakan sebagai alternatif bagi bahan bakar mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak nabati (Nurfadillah, 2011). Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi antara minyak nabati atau lemak hewani yang mengandung trigliserida dengan alkohol seperti metanol dan etanol. Biodiesel digolongkan sebagai bahan bakar yang dapat diperbarui, karena bahan baku pembuatan berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan (Knothe, 2005).

Biodiesel memiliki beberapa keunggulan diantaranya bersifat biodegradable yang akan mudah terurai oleh lingkungan, tidak beracun, bebas dari sulfur dan senyawa aromatik (Hambali dan Ferobie, 2010). Kemudian memiliki angka setana yang tinggi yakni lebih dari 50%, sehingga sangat efisien dalam pembakaran. Keunggulan yang lain yaitu memiliki titik nyala yang tinggi, sehingga aman dari bahaya kebakaran saat di simpan ataupun saat didistribusikan, kemudian memberikan efek pelumasan yang lebih baik dibandingkan minyak diesel konvensional (Natasya, 2008). Keunggulan yang lain yaitu bahan bakar biodiesel menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan dengan diesel/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap (*smoke number*) yang rendah (Arita *et al.*, 2008).

Biodiesel merupakan bahan bakar yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi trigliserida (minyak) dengan alkohol ringan menggunakan katalis basa. Alkohol yang digunakan biasanya metanol atau etanol, sedangkan katalis yang digunakan

adalah KOH, NaOH atau senyawa basa yang lain (Widiyanto dan Bagus, 2010). Pembuatan biodiesel harus memperhatikan kadar FFA. Pembuatan biodiesel dilakukan secara 2 tahap yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Proses esterifikasi dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan kadar FFA pada minyak. Bahan baku minyak dalam SBE harus mengandung asam lemak bebas serendah mungkin.. Adanya kandungan asam lemak bebas dalam reaktan akan menyebabkan terbentuknya sabun dan akan menurunkan *yield* ester serta mempersulit pemisahan ester dan gliserol dan akan menurunkan efisiensi katalis. Biodiesel sebagai bahan bakar harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan SNI seperti pada Tabel 1.

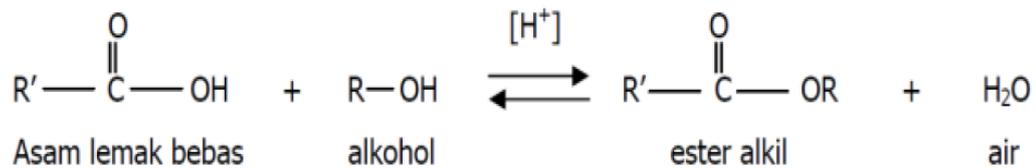
Tabel 1. Tabel SNI 04 7182 2015 Persyaratan mutu biodiesel

No	Parameter Uji	Satuan min/maks	Persyaratan
1.	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 – 890
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
3.	Angka setana	Min	51
4.	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C min	100
5.	Titik kabut	°C, maks	18
6.	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		nomor 1
7.	Residu karbon		
	- dalam percontoh asli; atau	%-massa, maks	0,05
	- dalam 10% ampas distilasi		0,3
8.	Air dan sedimen	%-volume. Maks	0,05
9.	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360
10.	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
11.	Belerang	mg/kg, maks	50
12.	Fosfor	mg/kg, maks	4
13.	Angka asam	Mg-KOH/g, maks	0,5
14.	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15.	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
16.	Kadar ester metal	%-massa, min	96,5
17.	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100 g), maks	115
18.	Kestabilan oksidasi		
	Periode induksi metode rancimat	Menit	480
	atau		36
	Periode induksi metode petro oksidasi		
19.	Monogliserida	%-massa, maks	0,8

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (2015)

2.4 Esterifikasi dan Transesterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi antara asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA) dengan metanol membentuk metil ester menggunakan bantuan katalis asam dengan hasil samping berupa air. Katalis yang baik untuk proses esterifikasi yaitu asam kuat dan karena ini asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H₂SO₄) umum digunakan dalam praktek industrial. Reaksi esterifikasi dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Reaksi esterifikasi (Soerawidjaja, 2005)

Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi adalah sebagai berikut:

1. Waktu Reaksi

Semakin lama waktu reaksi, maka kontak antar zat semakin besar, sehingga akan menghasilkan biodiesel dengan konversi yang besar. Jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai, maka dengan bertambahnya waktu reaksi tidak akan menguntungkan karena tidak akan menaikkan konversi.

2. Pengadukan

Pengadukan akan menambah frekuensi tumbukan antara molekul zat pereaksi dengan zat yang bereaksi, sehingga mempercepat reaksi. Semakin besar tumbukan, maka semakin besar pula nilai konstanta kecepatan reaksi (k). Sehingga dalam hal ini pengadukan sangat penting mengingat larutan minyak katalis metanol merupakan larutan yang *immiscible*.

3. Katalisator

Katalisator berfungsi untuk mengurangi tenaga aktivasi pada suatu reaksi sehingga pada suhu tertentu nilai konstanta kecepatan reaksi semakin besar. Pada reaksi esterifikasi yang sudah dilakukan biasanya

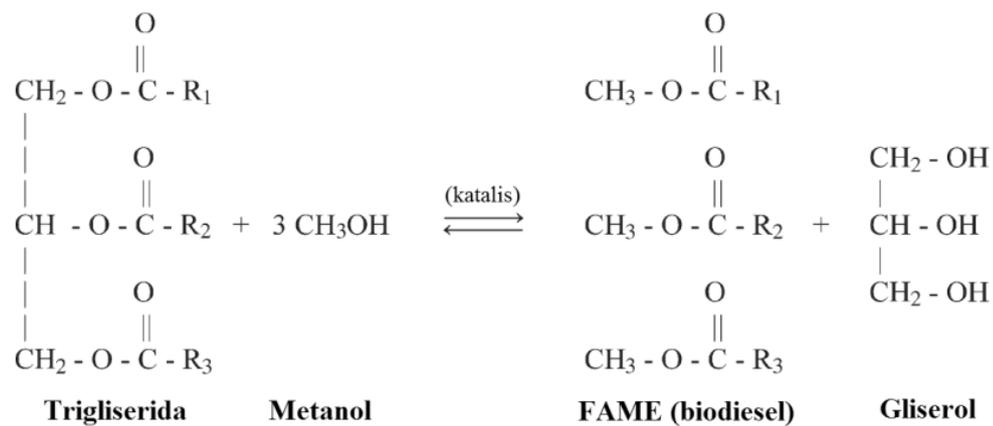
menggunakan konsentrasi katalis antara 1 - 4 % berat sampai 10 % berat campuran pereaksi.

4. Suhu Reaksi

Semakin tinggi suhu yang dioperasikan maka semakin tinggi konversi yang dihasilkan, hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius. Bila suhu naik, maka nilai konstanta kecepatan reaksi (k) makin besar, sehingga reaksi berjalan cepat dan konversi biodiesel makin tinggi (Christina *et al.*, 2013).

Transesterifikasi adalah metode yang saat ini paling umum digunakan untuk proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati seperti CPO. Transesterifikasi merupakan reaksi antara alkohol dengan trigliserida yang menghasilkan *methyl ester* dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Reaksi transesterifikasi ini biasa disebut reaksi alkoholis. Alkohol yang biasa digunakan yaitu metanol dan etanol. Reaksi transesterifikasi akan cenderung lebih efisien dan cepat membentuk *methyl ester* dibandingkan reaksi esterifikasi yang menggunakan katalis asam. Akan tetapi bahan baku yang digunakan harus memiliki kadar FFA < 2% agar tidak terjadi proses penyabunan (Pristiyani, 2015). Proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa mampu mencapai 98 % konversi dengan waktu reaksi minimum.

Reaksi transesterifikasi menggunakan basa kuat seperti NaOH, sehingga produk biodiesel yang dihasilkan lebih maksimal. Reaksi transesterifikasi memiliki kelebihan yaitu lebih cepat dan memerlukan alkohol lebih sedikit. Selain itu juga reaksi transesterifikasi secara konvensional ini diselenggarakan dengan menggunakan katalis basa homogen dan proses ini dapat menghasilkan biodiesel dengan kemurnian dan yield yang tinggi dalam waktu yang pendek. Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk menghilangkan secara utuh kandungan trigliserida dan mengkonversinya menjadi metil ester yang dapat digunakan pada mesin diesel tanpa merusak atau merubah mesin diesel (Putri *et al.*, 2017). Reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi transesterifikasi (Haryanto *et al.*, 2015)

Menurut Aziz *et al.* (2012) secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi adalah pengadukan, suhu, katalis, perbandingan pereaksi dan waktu reaksi. Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh asam lemak bebas dan air
Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil daripada 2%. Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air karena dapat bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang. Katalis harus terhindar dari kontak dengan udara agar tidak mengalami reaksi dengan uap air dan karbon dioksida.
2. Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan minyak
Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan pada reaksi stoikiometri adalah 3 mol metanol untuk setiap 1 mol trigliserida agar diperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol.

3. Pengaruh Katalis

Katalisator berfungsi untuk mengurangi besaran aktivasi pada suatu reaksi sehingga pada suhu tertentu harga konstanta kecepatan reaksi semakin besar. Alkali katalis (katalis basa) akan mempercepat reaksi transesterifikasi bila dibandingkan dengan katalis asam. Katalis basa yang paling populer untuk reaksi transesterifikasi adalah natrium hidroksida (NaOH) (Fukuda *et al.*, 2001).

4. Pengaruh temperatur atau suhu

Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada temperatur 30-65°C (titik didih metanol sekitar 65°C). Semakin tinggi temperatur, konversi biodiesel yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu reaksi yang lebih singkat (Christina *et al.*, 2013).

2.5 Suhu dan Waktu Reaksi

Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam pembuatan biodiesel. Berdasarkan teori semakin tinggi suhu reaksi dan semakin lama waktu reaksi, maka kemungkinan kontak antar zat semakin besar sehingga akan menghasilkan konversi yang besar (Susilowati, 2006). Rendemen yang dihasilkan diperoleh dengan waktu reaksi yang berbeda-beda antara 1-24 jam dan besar kecilnya suhu reaksi juga mempengaruhi rendemen yang dihasilkan (Poltrack, 2013). Suhu yang semakin tinggi akan menyebabkan semakin banyak energi yang digunakan reaktan untuk saling bertumbukan dalam mencapai energi aktivasi (Nurhayati, 2014). Proses transesterifikasi dengan penggunaan suhu menjadi hal yang perlu diperhatikan lebih lanjut, karena penggunaan metanol sebagai pelarut. Suhu terlalutinggi dapat membuat metanol menguap terlebih dahulu dan menyebabkan kontak antara metanol dan bahan produksi biodiesel tidak optimal sehingga mengurangi hasil konversi (Sedghamiz *et al.*, 2019). Suhu yang dapat digunakan untuk reaksi esterifikasi/transesterifikasi adalah pada rentang suhu 30-65°C. Suhu yang digunakan dalam reaksi ini tidak boleh melebihi suhu titik didih dari metanol, yaitu 65°C.

Waktu dalam proses produksi biodiesel merupakan salah satu faktor yang sangat penting, karena dapat mempengaruhi rendemen biodiesel yang dihasilkan. Semakin lama waktu reaksi akan menyebabkan semakin banyak produk yang dihasilkan, akan tetapi waktu yang berlebihan dari kondisi optimum akan menyebabkan menurunnya rendemen biodiesel. Reaksi transterifikasi merupakan reaksi bolak-balik, oleh karena itu waktu reaksi yang terlalu lama juga tidak baik sebab mampu menyebabkan produk berkurang karena adanya kesetimbangan balik. Metilester yang telah terbentuk dapat kembali menjadi trigliserida karena kesetimbangan balik tersebut di mana kondisi ini sangat tidak diinginkan (Maharani dan Zuliyana, 2010). Menurut Ramachandran *et al.* (2013) rendemen biodiesel bisa menurun disebabkan karena terjadinya reaksi balik (*backward reaction*) dan terjadinya pembentukan sabun yang akan menghalangi proses pembentukan biodiesel.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian dan Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada bulan April sampai dengan Agustus 2022.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah *Spent Bleaching Earth* (SBE) dari PT. LDC Lampung. Bahan-bahan lainnya adalah metanol, NaOH, heksana, H₂SO₄, aquades, alkohol 96%, indikator fenolftalein (PP), etanol 96%, KOH, kloroform, larutan Wijs, larutan KI, HCl, dan indikator amilum.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah soxhlet, kondensor, buret, gelas beaker 50 mL dan 100 mL, labu Erlenmeyer, filtering flask 500 mL, gelas ukur 25 mL; 50 mL; 100 mL, pipet gondok 25 mL, labu buchner, labu destilasi, labu tiga leher, magnetic stirrer, oven, pipet tetes, pipet volume, termometer, kertas saring, pompa vakum, corong pemisah, statif dan klem.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) yang disusun secara faktorial dengan 2 faktor dalam taraf berbeda yaitu faktor suhu dan waktu. Faktor perlakuan waktu reaksi memiliki 4 taraf yaitu 60; 90; 120; 150 menit dan faktor suhu reaksi memiliki 2 taraf yaitu

60°C dan 65°C. Kombinasi perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan, sehingga total percobaan yang dilakukan sebanyak 24 percobaan. Keseragaman data diuji dengan uji Barlett dan kemenambahan data diuji dengan uji Tuckey. Data dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikansi untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan. Selanjutnya data diuji lanjut menggunakan metode Polinomial Ortogonal. Kombinasi perlakuan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

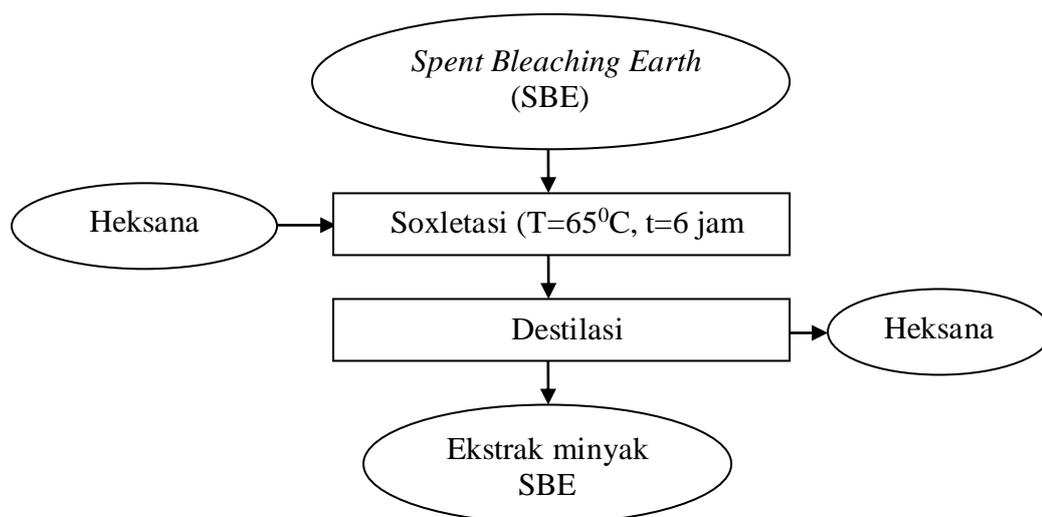
Tabel 2. Kombinasi perlakuan

Kode Sampel	Keterangan :
T1M1	T1 = Suhu 60°C ; M1 = Waktu 60 menit
T1M2	T1 = Suhu 60°C ; M2 = Waktu 90 menit
T1M3	T1 = Suhu 60°C ; M3 = Waktu 120 menit
T1M4	T1 = Suhu 60°C ; M4 = Waktu 150 menit
T2M1	T2 = Suhu 65°C ; M1 = Waktu 60 menit
T2M2	T2 = Suhu 65°C ; M2 = Waktu 90 menit
T2M3	T2 = Suhu 65°C ; M3 = Waktu 120 menit
T2M4	T2 = Suhu 65°C ; M4 = Waktu 150 menit

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Bahan Baku Biodiesel

Bahan baku dalam pembuatan biodiesel yaitu minyak sawit dari hasil ekstraksi *Spent Bleaching Earth* (SBE). Prosedur ekstraksi minyak sawit dari *Spent Bleaching Earth* (SBE) dilakukan dengan metode *soxlethas* menggunakan pelarut heksana dengan waktu kurang lebih 4-6 jam dan suhu 65°C. Setelah itu dilakukan proses destilasi untuk mengeluarkan pelarut heksan dalam ekstrak minyak. Prosedur ekstraksi minyak dalam SBE dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini.



Gambar 1. Diagram alir ekstraksi minyak SBE(Siskayanti *et al.*, 2019 yang telah dimodifikasi

3.4.2 Karakterisasi Ekstrak Minyak SBE

Pada penelitian ini dilakukan penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui karakterisasi Spent Bleaching Earth (SBE) dan dilanjutkan proses produksi biodiesel. Karakterisasi SBE meliputi kadar asam lemak bebas (FFA) pada minyak dalam SBE, kadar air dalam SBE, dan kadar abu SBE.

1. Analisis kadar asam lemak bebas

Analisis kadar asam lemak bebas pada penelitian ini dilakukan dengan mengikuti prosedur pada penelitian Saad *et al.* (2007) yaitu dengan menimbang sebesar 10 ml minyak hasil ekstraksi dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml. Setelah itu ditambahkan 25 ml etanol 96% dan dilanjutkan dengan proses pemanasan dengan suhu 40°C. Setelah itu dilanjutkan dengan penambahan 5 tetes indikator PP dan dilakukan proses titrasi dengan larutan KOH 0,1 N sampai muncul warna merah jambu dan tidak hilang warnanya selama 10 detik. Setelah itu dihitung besarnya nilai bilangan asam lemak bebas dengan rumus dibawah ini:

$$\text{Kadar Asam Lemak Bebas} = \frac{M \times V \times N}{1000 \times m} \times 100\%$$

Keterangan :

M : Bobot molekul Asam Lemak Bebas (asam palmitat) (256,4 g/mol)

V : Volume NaOH

N : Normalitas NaOH

M : Bobot sampel (gram)

2. Analisis kadar air minyak SBE

Berdasarkan SNI-01-2891-1992 analisis kadar air dengan prinsip metode oven yaitu kehilangan bobot pada pemanasan 105°C dianggap sebagai kadar air yang terdapat pada contoh. Cawan porselin yang akan digunakan dipanaskan pada oven dengan suhu 105°C selama 1 jam, kemudian didinginkan didesikator selama 30 menit dan timbang. Selanjutnya sampel SBE ditimbang sebanyak 5 g pada cawan porselin yang sudah diketahui bobotnya kemudian dikeringkan pada oven suhu 105°C selama 1 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator 30 menit, ditimbang, diulangi hingga diperoleh bobot tetap. Kadar air dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{B-C}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Bobot minyak sebelum dikeringkan (gram)

B : Bobot cawan + sampel sebelum dikeringkan (gram)

C : Bobot cawan + sampel setelah dikeringkan (gram)

3. Analisis kadar abu minyak SBE

Berdasarkan SNI-01-2891-1992 analisis kadar abu memiliki prinsip pada prosesnya pengabuan zat-zat organik diuraikan menjadi air dan CO₂ tetapi mineral tidak. Proses analisis kadar abu dimulai dengan menimbang sampel sebanyak 2-3 gram dalam cawan porselen yang sudah diketahui bobotnya. Kemudian, sampel diarakkan diatas nyala pembakar dan diabukan dalam tanur listrik bersuhu maksimum 550°C sampai sampel menjadi abu secara sempurna (pintu tanur dibuka sekali-kali agar oksigen dapat masuk). Terakhir, didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali. Kadar abu dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Kadar Abu} = \frac{W2 - W1}{W} \times 100\%$$

Keterangan :

W : Bobot cawan kosong (gram)

W1 : Bobot minyak sebelum diabukan (gram)

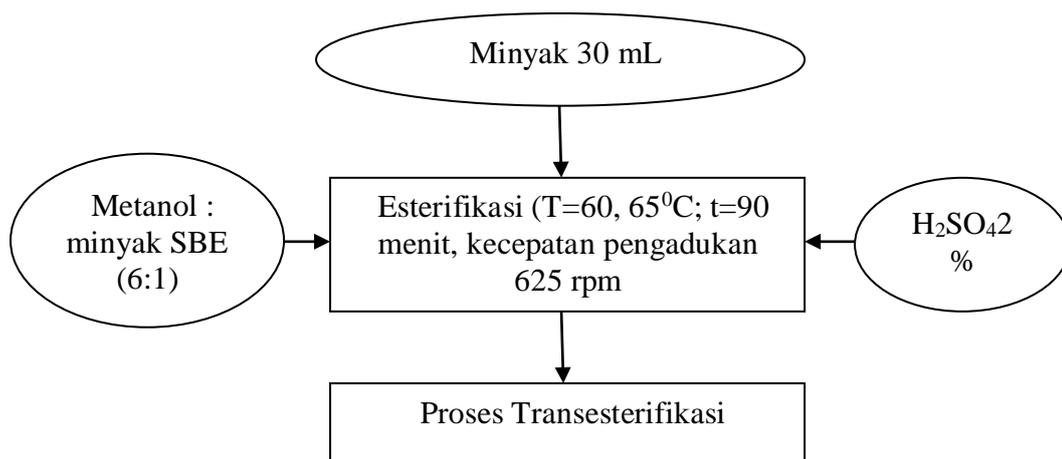
W2 : Bobot minyak + cawan sesudah diabukan (gram)

3.4.3 Penelitian Inti

Setelah tahap penelitian pendahuluan, dilaksanakan penelitian inti yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Terdapat dua variabel pada penelitian inti yaitu variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap berupa jenis alkohol (metanol) dan jenis katalis yaitu H_2SO_4 untuk esterifikasi dan NaOH untuk transesterifikasi. Sementara variabel bebas berupa suhu dan waktu perlakuan. Suhu perlakuan yang digunakan terdiri dari dua taraf yaitu ($60^\circ C$ dan $65^\circ C$) dan waktu perlakuan yang digunakan terdiri dari empat taraf yaitu 60, 90, 120, dan 150 menit.

1. Proses esterifikasi

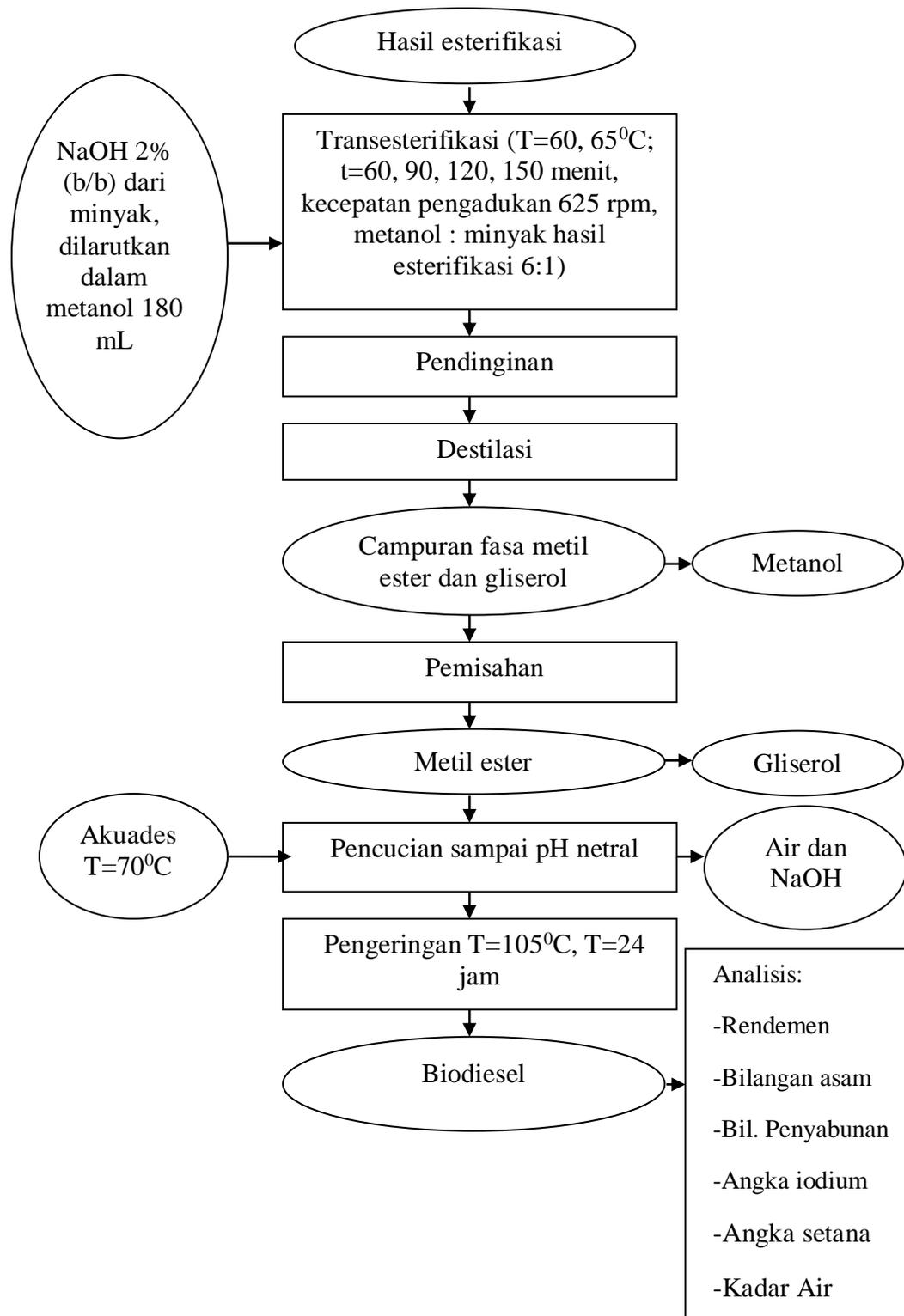
Proses esterifikasidilakukan apabila kadar asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA) pada minyak dalam SBE lebih dari 2% dan jika kadar asam lemak bebas tidak lebih dari 2% maka langsung dilakukan proses transesterifikasi. Tahapan proses esterifikasi dilakukan dengan cara mereaksikan ekstrak minyak dari SBE dengan metanol dan katalis H_2SO_4 . Pertama yaitu dilakukan pengukuran ekstrak minyak sebanyak 30 mL, kemudian dilarutkan ke dalam metanol dengan perbandingan metanol dan berat minyak yaitu (6:1). Setelah itu ditambahkan katalis H_2SO_4 sebanyak 2% dari berat minyak. Proses esterifikasi dilakukan pada waktu 60 menit dengan kecepatan pengadukan 625 rpm dengan suhu perlakuan yaitu $60^\circ C$ dan $65^\circ C$, dan setelah proses esterifikasi selesai dilanjutkan dengan proses transesterifikasi. Diagram alir proses esterifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Diagram alir proses esterifikasi minyak SBE(Kusumaningtyas, 2011) yang telah dimodifikasi)

2. Proses transesterifikasi

Hasil proses esterifikasi disiapkan dan ditambahkan katalis NaOH sebanyak 2% dari berat minyak awal yang dilarutkan dengan metanol sebanyak 180 mL dan diberi kecepatan pengadukan 625 rpm. Kondisi reaksi pada proses transesterifikasi dilakukan pada suhu 60°C dan 65°C dan waktu reaksi pada 60, 90, 120, dan 150 menit sesuai kondisi perlakuan yang dapat dilihat pada (Tabel 2) yang dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Setelah waktu proses transesterifikasi sudah tercapai, proses dihentikan. Kemudian hasil transesterifikasi didinginkan sampai suhu ruang dan selanjutnya dilakukan proses distilasi untuk memisahkan sampel dengan metanol, sehingga akan didapatkan sampel yang mengandung campuran metil ester dan gliserol. Kemudian dilakukan proses pemisahan sampai terbentuk 2 fasa, bagian paling bawah adalah gliserol yang akan dikeluarkan terlebih dahulu sampai batas antar fasa. Selanjutnya metil ester dicuci dengan akuades bersuhu 50°C sebanyak 100 mL dengan pencucian berulang sampai pH netral, selanjutnya sampel dikeringkan dalam oven bersuhu 105°C selama 30 menit agar sisa air dan pelarut dalam biodiesel terupakan. Selanjutnya biodiesel yang dihasilkan dilakukan analisis untuk menentukan rendemen, bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod, dan indeks setana. Proses transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Diagram alir proses transesterifikasi (Kusumaningtyas, 2011) yang telah dimodifikasi)

3.5 Variabel Pengamatan

3.5.1 Penentuan Rendemen Biodiesel

Rendemen merupakan perbandingan berat biodiesel dengan berat minyak awal. Rendemen biodiesel pada penelitian ini dianalisis sesuai dengan penelitian Suryani *et al.*(2014) yaitu berat biodiesel yang diperoleh dibagi dengan berat minyak awal dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{W_{\text{biodiesel}}}{W_{\text{minyak}}} \times 100\%$$

Keterangan :

W biodiesel = berat biodiesel (g)

W minyak = berat minyak (g)

3.5.2 Penentuan Kadar Air

Prosedur uji kadar air mengacu pada SNI01-2891-1992 dengan metode oven yang berprinsip pada kehilangan bobot pada pemanasan pada suhu 105°C. Posedur pengujian kadar air diawali dengan penimbangan sampel (biodiesel) sebanyak 1-2 gram dalam cawan porselen yang sebelumnya sudah dikeringkan dan ditimbang bobotnya. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven suhu 105°C selama 3 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator , ditimbang dan diulangi sampai diperoleh bobot konstan. Kadar air dapat dihitung melalui persamaan berikut ini:

$$\text{Kadar Air} = \frac{B-C}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Bobot biodiesel sebelum dikeringkan (gram)

B : Bobot cawan + sampel sebelum dikeringkan (gram)

C : Bobot cawan + sampel setelah dikeringkan (gram)

3.5.3 Penentuan Angka Asam

Angka asam adalah ukuran jumlah asam lemak bebas, dihitung berdasarkan berat molekul dari asam lemak atau campuran asam lemak. Sebanyak 1 g sampel dimasukkan ke Erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 50 mL etanol 96% kemudian dipanaskan pada suhu 65°C sambil diaduk sampai berbentuk larutan yang homogen. Setelah itu ditambahkan 3-5 tetes indikator fenolftalein (pp) 1% dan dihomogenkan. Kemudian dilakukan titrasi dengan larutan KOH 0.1 N hingga terbentuk warna merah muda permanen kira-kira selama 15 detik. Kemudian dilakukan perhitungan angka asam dengan rumus berikut (Sulastri, 2011):

$$\text{Bilangan asam} = \frac{56,1 \times V \times N}{m}$$

Keterangan :

V : volume KOH yang dibutuhkan untuk titrasi (ml)

N : normalitas KOH

m : berat sampel biodiesel (gram)

56,1 : berat molekul KOH

3.5.4 Penentuan Bilangan Penyabunan

Analisis bilangan penyabunan pada penelitian ini dilakukan mengikuti prosedur pada penelitian Sulastri (2011) yaitu sebanyak 1 gram biodiesel dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 12,5 ml KOH-alkoholis 0,5 N. Selanjutnya labu Erlenmeyer dihubungkan dengan pendingin balik dan dididihkan selama 30 menit atau sampai semua sampel minyak tersabunkan (tidak terlihat butiran-butiran minyak). Setelah minyak tersabunkan sempurna larutan didiamkan kurang lebih 1 menit kemudian ditambah 3-5 tetes indikator fenolftalein (PP) 1%, dan dititrasi dengan larutan HCl 0,5 N hingga warna merah jambu hilang. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Bilangan Penyabunan} = \frac{(V_b - V_s) \times N \times 56,1}{m}$$

Keterangan :

- V_b = volume HCl (ml) yang dibutuhkan untuk menitrasi blanko
 V_s = volume HCl (ml) yang dibutuhkan untuk menitrasi sampel minyak
 N = normalitas larutan KOH-alkoholis
 m = bobot biodiesel
 56,1 = berat equivalen KOH

3.5.5 Penentuan Angka Iod

Analisis bilangan iod pada penelitian ini mengikuti prosedur pada penelitian Sulastri (2011) yaitu sebanyak 0,5 g biodiesel dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml yang dibungkus rapat dengan alumunium foil. Kemudian ke dalam labu Erlenmeyer tersebut ditambahkan 10 ml kloroform dan 25 ml larutan Wijs dan didiamkan selama 30 menit. Selanjutnya, ditambahkan 10 ml larutan KI 15% dan dikocok, lalu dititrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N hingga larutan berubah warna merah kekuningan menjadi kuning pucat. Setelah itu larutan tersebut ditetesi dengan larutan indikator amilum atau kanji 4 tetes (larutan berubah menjadi berwarna kuning gelap), dan titrasi dilanjutkan hingga warna kuning tersebut hilang. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Bilangan Iod} = \frac{(V_b - V_s) \times N \times 12,69}{m}$$

Keterangan :

- V_b = ml tiosulfat yang dibutuhkan untuk menitrasi blanko
 V_s = ml tiosulfat yang dibutuhkan untuk menitrasi sampel minyak
 N = normalitas tiosulfat
 m = bobot minyak
 12,69 = berat equivalen iod/10
 1/10 = faktor konversi agar satuan menjadi g iod/100 g minyak

3.5.6 Penentuan Angka Setana

Analisis indeks sentana pada penelitian ini mengikuti metode AOCS (*American Oil Chemist Society*) yang telah dilakukan pada penelitian Krisnangkura (1986) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Indeks Setana} = 46,3 + \left(\frac{5458}{x}\right) - 0,225 y$$

Keterangan :

x = bilangan penyabunan

y = bilangan iod

Angka 46,3 ; 5458 dan -0,225 merupakan suatu konstanta.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perlakuan suhu reaksi berpengaruh terhadap bilangan asam, bilangan penyabunan, dan indeks setana biodiesel yang dihasilkan, namun suhu reaksi tidak berpengaruh pada rendemen dan bilangan iod.
2. Perlakuan waktu reaksi berpengaruh terhadap rendemen, bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod, serta indeks setana.
3. Suhu reaksi terbaik dan waktu reaksi terbaik dalam penelitian ini adalah perlakuan T2M4 yaitu suhu reaksi 65⁰C dan waktu reaksi 150 menit yang menghasilkan biodiesel dengan rata-rata rendemen 33,195%; bilangan asam 1,6045 mg KOH/gram; bilangan penyabunan 192,059 mg KOH/gram ; bilangan iod 43,807 g I₂/100 g; indeks setana 64,914 ; dan kadar air 4,388%.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan kajian lebih lanjut pada penggunaan alat oven dalam proses pengeringan biodiesel yang dapat digantikan dengan oven vakum untuk menghasilkan kadar air dan bilangan asam yang memenuhi syarat dalam SNI 7182 : 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Alptekin, E. and Canakci, M. 2008. Determination of the density and the viscosities of biodiesel–diesel fuel blends. *Renew Energy*. 33 : 2623 – 30.
- Arita, S., Berlian, M.D., dan Irawan, J. 2008. Pembuatan Metil Ester Asam Lemak dari CPO *Off Grade* dengan Metode Esterifikasi-transesterifikasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2) : 34-43
- Arpornpong N, Charoensaeng A, Khaodhiar S, Sabatini DA. 2018. Formulation of microemulsion-based washing agent for oil recovery from spent bleaching earth hydrophilic lipophilic deviation concept. *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* 54187–96.
- Aziz, I. 2007. Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas. *Valensi*. 1 (1). 23 hlm.
- Aziz. 2007. Beyond Biodiesel: Methyl Ester as the route for production of surfactants feedstock. 1:216-220.
- Badan Standardisasi Nasional. 1992. SNI 01-2891-1992: *Cara Uji Makanan dan Minuman*. Jakarta. 36 hlm.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182 : 2015*. SNI Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. 88 hlm.
- Barabas, I. and Todorut, I. 2011. *Biodiesel Quality, Standards, and Properties*. In Dr. Gisela Montero (Ed.) *Biodiesel Quality, Emissions, and By-Products* (pp.3-28). Croatia: InTech.
- Chang, J. I., Tai, H. S., dan Huang, T. H. 2006. Regeneration of *Spent Bleaching Earth* by Lye-Extraction. *Journal of Wiley interscience*. 25(4): 374-375
- Christina, N., Sungadi, E., Hindarso, H. dan Kurniawan, Y. 2013. Pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung dengan menggunakan katalis berbasis kalsium. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*. 12(2): 26-35.
- Daryono, E.D., Rengga, A.C., dan Safitri, I. 2014. *In Situ* Transesterifikasi Minyak Biji Mahoni menjadi Metil Ester dengan Co-Solvent THF (Tetrahydrofuran). *Reaktor*. 15 (1) : 51-58.

- Direktorat Jendral Perkebunan. 2019. *Statistik Perkebunan Indonesia 2018-2019-2021: Kelapa Sawit*. Dirjen Perkebunan Kementan RI. Jakarta. 82 hlm.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2020. *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020 : Kelapa Sawit*. Dirjen Perkebunan Kementan RI. Jakarta. 1056 hlm.
- Edwar, Z., S. Heldrian, Y. Ety. and S. Sulastri. 2011. The Effect of High Temperatures to the Palm Oil and Corn Unsaturated Fatty Acids. *Journal of the Indonesia Medical Association*. 61 : 248 – 52.
- Fatmawati, D., Shakti, P. D. dan Buchori, L. 2013. Reaksi Metanolisis Limbah Minyak Ikan Menjadi Metil Ester Sebagai Bahan Bakar Biodiesel Dengan Menggunakan Katalis Naoh. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 68 - 75.
- Fukuda, H., Kondo, A., and Noda, H. 2001. Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils. *J Biosci Bioeng.*, 405-416.
- Gerpen, V. J. 2005. Biodiesel Processing and Production. *Fuel Process Technology* 86: 1097-1107.
- Hambali, E., Suryani, A., Dadang, Hariyadi, Hanafie, H., Reksowardojo, I.K., dkk. 2006. *Jarak Pagar: Tanaman Penghasil Biodiesel*. Depok: Penebar Swadaya. 152 hlm.
- Haryanto, A., Silviana, U., Triyono, S., Prabawa, S. 2015. Produksi Biodiesel dari Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya dan Waktu Reaksi terhadap Rendemen dan Karakteristik Biodiesel. *AGRITECH*. 35(2): 234-240.
- Hikmah, M. N. dan Zuliyana. (2010). Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Skripsi*. Universitas Diponegoro. 43 hlm.
- Kartika, I. A. dan Pujiastuti, Y. 2012. Optimasi Produksi Biodiesel dari Biji Jarak Pagar Melalui Transesterifikasi *In Situ* Menggunakan Metode Respon Permukaan. *Jurnal Agroindustri Indonesia*. 1 (2) : 64 – 78.
- Kheang, L.S., Choo, Y.M., & Ma, A.N. 2007. *Residual Oil from Spent Bleaching Earth (SBE) For Biodiesel and Biolubricant Applications*. MPOB No 367, ISSN 1511-7871. Malaysian Palm Oil Board, Ministry of Plantation Industries and Commodities. Malaysia.
- Knothe, G., Gerpen, J.V., Krahl, J. 2005. *The Biodiesel Handbook*. United States of America: AOCS Press. 328 hlm.
- Knothe, G. 2008. Optimizing Fatty Ester Composition to Improve Fuel Properties. *Designer Biodiesel* 22: 1358-1364.

- Kumar Tiwari, A., Kumar, A., dan Raheman, H. 2007. Biodiesel Production from *Jatropha* Oil (*Jatropha curcas*) with High Free Fatty Acids: An Optimized Process. *Biomass and Bioenergy*. 31 (8) : 569–575.
- Kusumaningtyas, N. W. (2011). Proses Esterifikasi Transesterifikasi In Situ Minyak Sawit Dalam Tanah Pemucat Bekas Untuk Proses Produksi Biodiesel. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. 76 hlm.
- Krisnangkura, K. 1986. A Simple Method for Estimation of Cetane Index of Vegetable Oil Methyl Esters. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 63(4) : 552–553.
- Lobo, I. P., Ferreira, S. L. C., and da Cruz, R. S. 2009. Biodiesel: Quality parameters and analytical methods. *Química Nova*. 32 (6) : 1596 – 1608.
- Merikhy A, Heydari A, Eskandari H, Nematollahzadeh A. 2019. Revalorization of Spent Bleaching Earth a Waste from Vegetable Oil Refinery Plant by an Efficient Solvent Extraction System. *Waste and Biomass Valorization* 10(10):3045–3055.
- Musa ML, Mat R, dan Abdullah TAT. 2018. Catalytic Conversion of Residual Palm Oil in Spent Bleaching Earth (SBE) by HZSM-5 Zeolite based-Catalysts. *Bull. Chem. React. Eng. & Catal.* 13(3):456–465.
- Nurfadillah. 2011. Pemanfaatan dan Uji Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah. (*Skripsi*). UIN Alauddin Makassar. Makassar. 104 hlm.
- Nurhayati. 2014. Teknologi Pemrosesan Biodiesel. *Teaching Biomass Technologies*. Bandung. 83 hlm.
- Poltack, F. N. 2013. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Kapok dengan Proses Esterifikasi Transesterifikasi. *Jurnal teknologi kimia dan industry*2(2):262-266.
- Pristiyani, R., 2015. Sintesis Biodiesel dan Fuel Bioadditive Triasetin Secara Simultan dengan Metode Interesterifikasi Minyak Jarak (*Jatropha curcas*). (*Tugas Akhir*). Universitas Negeri Semarang. Semarang. 124 hlm.
- Putri, R. A., Muhammad, A., dan Ishak. 2017. Optimasi Proses Pembuatan Biodiesel Biji Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L.) Melalui Proses Ekstraksi Reaktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 6(2):16-30.
- Ramadhas, A.S., Jayaraj, S., Muraleedharan, C. 2005. Biodiesel Production from High FFA Rubber Seed Oil. *Fuel* 84. 335-340.
- Saputri, M., Restuhadi, F., dan Efendi, R. (2016). Pembuatan Biodiesel MetilEster dari Minyak Jelantah dan Metanol dengan Katalis Abu Gosok. *Jurnal Sagu*.15 (1) : 28 – 37.

- Satriana., Husna, N.E., Desrina., dan Supardan , M.D. 2012. Karakteristik biodiesel hasil transesterifikasi minyak jelantah menggunakan teknik kavitasi hidrodinamik. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 4(2): 15-20.
- Setyaningsih, D., Hambali, E., & Ferobie, O. (2010). Pembuatan Pupuk Potasium Dari Proses Pemurnian Gliserol Hasil Samping Industri Biodiesel. Konferensi Nasional. 276-289.
- Sharma, A., Kodgire, P., Kachhwaha, S. S., Raghavendra, H. B. and Thakkar, K. 2018. Application of Microwave Energy for Biodiesel Production using Waste Cooking Oil. *Mater Today*. 5 : 23064 – 23075.
- Sinaga, S.V., Haryanto, A. dan Triyono, S. (2014). Pengaruh suhu dan waktu reaksi pada proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. (1): 27- 34.
- Singh, S. (2007). Extraction And Characterization Of Oil From Spent Bleaching Earth. *Journal Pure and Applied Science* Vol 15. India : Sardar Patel University Vallabh Vidyanagar.
- Siskayanti, R ., Kosim, M.E., dan Rozalina, A.2019.Pengaruh waktu pemanasan transesterifikasi minyak ekstrak lumut sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.*Jurnal Konversi*. Vol 8 (1) : 71-77.
- Suryani, A., Pari, G., dan Aswad, A. 2015. Proses Reaktivasi Tanah Pemucat Bekas Sebagai Adsorben Untuk Pemurnian Minyak Sawit Kasar Dan Biodiesel. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 25(1): 52-67.
- Sudradjat, R., Pawoko, E., Hendra, D., dan Setiawan, D. 2010. Pembuatan *Sustain Energ Rev*. 22: 410-418.
- Soerawidjaja, H.T. 2005. *Minyak Lemak dan Produk Kimia Lain dari Kelapa*. Handout kuliah Proses Industri Kimia. Program Studi Teknik Kimia. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Syahir, S.N dan Fyadlon, A.2017.Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung Menggunakan Microwave dengan Proses Ex Situ dan In Situ. *Skripsi*.Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya. 164 hlm.
- Tubino, M., and Aricetti, J. A. 2011. A green method for determination of acid number of biodiesel. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 22 : 1073 - 1081.
- Van Gerpen, Jon. 1996. *Cetane Number Testing of Biodiesel*. Iowa: Iowa State University. 30 hlm.
- Van Gerpen, J., Shanks, B., Pruszko, R. Clements, D., Knothe, G. 2004. *Biodiesel Production Technology*. Colorado: National Renewable Energy Laboratory. 110 hlm.

- Wahyudi, M. Y. 2000. Studi Penggunaan Kembali Bleaching Earth Bekas sebagai Adsorben dalam Proses Refining CPO. (*Tesis*). Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Wahyuni, S., Ramli, Mahrizal. 2015. Pengaruh Suhu Proses dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Pillar of Physics*. 6: 33-40.
- Woesono, H.B., Suryahadi, D., dan Pratiwi, L. I. 2011. Pengaruh Perbandingan Volume Metanol dan Jenis Katalis pada Esterifikasi- Transesterifikasi Terhadap Sifat dan Rendemen Minyak Nyamplung (*Calophyllum*). *Jurnal Wana Tropika*. 12 (1) : 93 – 102.
- Yuniarifin, H, Bintoro VP, Suwarastuti A. 2006. Pengaruh Berbagai Konsentrasi Asam Fosfat pada Proses Perendaman Tulang Sapi terhadap Rendemen, Kadar Abu dan Viskositas Gelatin. *Journal Indon Trop Anim Agric*. 31(1) : 55-61.
- Yunsari, A., Husaini, and Rusdianasari. 2019. Effect of Variation of Catalyst Concentration in the Producing of Biodiesel from Crude Palm Oil using Induction Heater. *Asian Journal of Applied Research and Community Development and Empowerment*. 3 (1) : 24 – 27.
- Young, F. V. K. 1987. Refining and Fractination of Palm Oil. In F.D. Gustone.(Ed). *Palm Oil: Critical Reports On Applied Chemistry*. New York. 15 : 39.