

**PENGARUH SUHU DAN WAKTU REAKSI TRANSESTERIFIKASI
MINYAK SAWIT HASIL EKSTRAKSI *SPENT BLEACHING EARTH*
DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN**

(Skripsi)

Oleh

Nur Hanifah



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRACT

Effect of Reaction Temperature and Time on Transesterification Reactions of Palm Oil from Spent Bleaching Earth Using a Heterogeneous Catalysts

By

Nur Hanifah

Spent Bleaching Earth (SBE) is solid waste from the refining process of Crude Palm Oil (CPO). Oil content in SBE is quite high, reaching 20 - 40 percent, which has the potential to be used as biodiesel. Biodiesel is an alternative fuel produced through the transesterification reaction of plant oils or animal with shorth chain alcohols such as methanol and ethanol. This study aimed to determine the effect of reaction time and temperature on transesterification process of oil residu of spent bleaching earth using heterogeneous catalyst. 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 (50°C, 57,5°C and 65°C) and reaction time (60, 105 and 150 minutes). The research data were tested by the Bartlett test and the Tukey test. The data were analyzed using analysis of variance and then further analyzed with Orthogonal Polynomials to see the response obtained in the study. The results showed that the optimum conditions were obtained in the S3W3 treatment, namely a reaction temperature of 65 °C and a reaction time of 150 minutes which produced biodiesel with an average yield of 40,32%; acid number 0,53 mg KOH/gram; saponification number 163 mg KOH/gram; iodine number 36 g I₂/100 g; cetane index 71 and 3.09% water content.

Keywords: biodiesel, transesterification, spent bleacing earth

ABSTRAK

PENGARUH SUHU DAN WAKTU REAKSI TRANSESTERIFIKASI MINYAK SAWIT HASIL EKSTRAKSI *SPENT BLEACHING EARTH* DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN

Oleh

Nur Hanifah

Spent Bleaching Earth (SBE) adalah limbah padat yang dihasilkan dari proses pemucatan CPO. Kandungan minyak di dalam SBE cukup tinggi yaitu mencapai 20% – 40%, yang berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi biosodisel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang diproduksi melalui reaksi transesterifikasi minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol rantai pendek seperti metanol dan etanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu reaksi transesterifikasi minyak hasil ekstraksi *spent bleaching earth* dengan menggunakan katalis heterogen. Penelitian dilakukan secara faktorial dengan tiga ulangan dan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) Perlakuan terdiri dari 2 faktor yaitu suhu reaksi (50°C, 57,5°C dan 65°C) dan waktu reaksi (60, 105 dan 150 menit). Data hasil penelitian diuji dengan uji *Bartlett* dan uji *Tukey*. 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 menunjukkan bahwa perlakuan terbaik diperoleh pada perlakuan S3W3 yaitu suhu reaksi 65 °C dan waktu reaksi 150 menit yang menghasilkan biodiesel dari dengan rata-rata rendemen 40,32%; bilangan asam 0,53 mg KOH/gram; bilangan penyabunan 163 mg KOH/gram; bilangan iod 36 g I₂/100 g; indeks setana 71; dan kadar air 3,09 %.

Kata kunci : biodiesel, transesterifikasi, *spent bleaching earth* (SBE)

**PENGARUH SUHU DAN WAKTU REAKSI TRANSESTERIFIKASI
MINYAK SAWIT HASIL EKSTRAKSI *SPENT BLEACHING EARTH*
DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN**

Oleh

NUR HANIFAH

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
2024**

Judul : **PENGARUH SUHU DAN WAKTU REAKSI
TRANSESTERIFIKASI MINYAK SAWIT
HASIL EKSTRAKSI SPENT BLEACHING
EARTH DENGAN MENGGUNAKAN
KATALIS HETEROGEN**

Nama Mahasiswa : **Nur Hanifah**

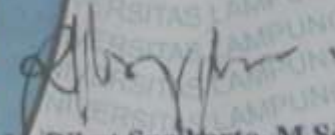
Nomor Pokok Mahasiswa : **1814051040**

Program Studi : **Teknologi Hasil Pertanian**

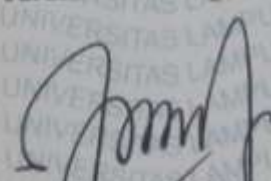
Fakultas : **Pertanian**




Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T.
NIP. 19640106 198803 1 002


Dr. Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc.
NIP 196603141990031009

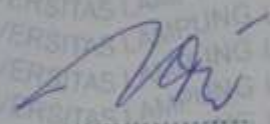
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.
NIP 19721006 199803 1 005

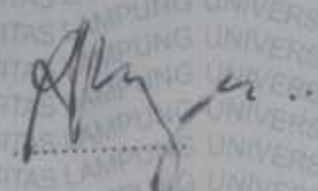
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T.

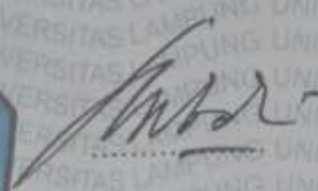


Sekretaris : Dr. Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc.



Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Mubhadi, M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



(Dr. Ir. Kuswanta Fotas Hidayat, M.P.)

NIP 19641118 198902 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 6 Februari 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nur Hanifah

NPM : 1814051040

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

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 20 April 2024
Yang membuat pernyataan


Nur Hanifah
NPM. 1814051040

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sekampung pada 7 Maret 2001, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Supardi dan Ibu Yunida. Penulis memiliki 2 orang saudara yaitu kakak bernama Yusup Romadhan dan adik Diki Ramanda. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN 1 Negeri Katon pada tahun 2012, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Marga Tiga dan lulus pada tahun 2015. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Sekampung dan lulus pada tahun 2018. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Mandiri pada bulan Februari sampai Maret 2021 di Desa Gerem Pawiki, Kecamatan Marga Tiga, Kabupaten Lampung Timur dengan tema “Pengabdian Putra - Putri Daerah terhadap Peningkatan Aspek Kehidupan”. Kemudian pada tahun yang sama 2021 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Di UMKM Vista Abadi Pesawaran dengan judul “Mempelajari Proses Produksi Jahe Instan Di UMKM Vista Abadi Pesawaran”

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas sebagai anggota pada tahun 2019-2020.

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada manusia yang paling mulia akhlaknya Baginda Rasulullah Muhammad Shallallahu'alaihi wasallam.

Skripsi dengan judul “Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Transesterifikasi Minyak Sawit Hasil Ekstraksi *Spent Bleaching Earth* Dengan Menggunakan Katalis Heterogen” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknologi Hasil Pertanian di Universitas Lampung. Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan dorongan baik langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.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 Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T., selaku dosen pembimbing satu, atas bantuan, saran, bimbingan dan motivasi dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi penulis.
4. Bapak Dr. Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik dan pembimbing kedua yang telah memberi bimbingan, bantuan,motivasi, dan nasihat kepada penulis selama perkuliahan dan penyusunan skripsi
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku penguji yang telah memberikan masukan, pengarahan, bimbingan, motivasi dan evaluasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi selama perkuliahan;

6. Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf administrasi dan laboratorium yang telah memberikan ilmu, wawasan, dan bantuan kepada penulis selama kuliah;
7. Keluargaku tercinta, Bapak Supardi, Ibu Yunida, Kak Yusup romadhon, dan Diki ramanda atas doa, dukungan, nasihat, motivasi yang sangat luar biasa, dan bantuan materi yang tidak akan mungkin terbalaskan;
8. Teman – teman THP angkatan 2018 atas dukungan, semangat, doa dan bantuan kepada penulis selama pengerjaan skripsi;
8. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis sangat menyadari skripsi ini jauh dari kata sempurna, oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dan dapat memberikan manfaat bagi penulis serta pembaca.

Bandar Lampung, 20 April 2024

Penulis,

Nur Hanifah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAPTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2. Tujuan.	3
1.3. Kerangka Pemikiran.....	3
1.4. Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. <i>Spent Bleaching Earth</i> (SBE)	6
2.2. Biodisel	7
2.3. Reaksi Esterifikasi	9
2.4. Transesterifikasi	10
2.5. Katalis Heterogen.....	11
2.6. Suhu Reaksi dan Waktu Reaksi	12
III. METODOLOGI.....	13
3.1. Waktu dan Tempat	13
3.2. Alat dan Bahan.....	13
3.3. Metode Penelitian	13
3.4. Prosedur Penelitian	14
3.5. Prosedur Pengamatan.....	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1. Penelitian Pendahuluan.....	24
4.2. Rendemen Biodiesel	26
4.3. Angka Asam Biodiesel.....	29

4.5. Angka Iodium Biodiesel.....	34
4.6. Angka Setana Biodiesel.....	36
4.7. Kadar Air Biodiesel.....	38
4.8. Rekapitulasi Perlakuan Terbaik	40
IV. KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1. Kesimpulan	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik residu minyak SBE.....	7
2. Syarat mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182: 2015.....	9
3. Kombinasi perlakuan	14
4. Karakteristik ekstrak minyak dari SB	24
5. Pemingkatan dan pemberian nilai pada parameter biodiesel.....	41
6. Perlakuan terbaik	43
7. Data rendemen biodiesel.....	52
8. Uji <i>Bartlett</i> rendemen biodiesel	52
9. Analisis ragam rendemen biodiesel	53
10. Uji polinomial ortogonal rendemen biodiesel.....	54
11. Data bilangan asam biodiesel.....	55
12. Uji <i>Bartlett's</i> bilangan asam	55
13. Analisis ragam bilangan asam.....	56
14. Uji polinomial ortogonal bilangan asam biodiesel	57
15. Data bilangan penyabun biodiesel	58
16. Uji <i>Bartlett's</i> bilangan penyabunan.....	58
17. Analisis ragam bilangan penyabunan	59
18. Uji polinomial ortogonal bilangan penyabunan biodiesel	60
19. Data bilangan iod biodiesel.....	61
20. Uji <i>Bartlett's</i> bilangan iod	61
21. Analisis ragam bilangan iod.....	62
22. Uji polinomial ortogonal bilangan iod biodiesel.....	63
23. Data indeks setana biodiesel	64
24. Uji <i>Bartlett's</i> indeks setana	64
25. Analisis ragam indeks setana	65
26. Uji polinomial ortogonal index setana biodiesel.....	66

27. Data kadar air biodiesel.....	67
28. Uji <i>Bartlett</i> kadar air biodiesel.....	67
29. Analisis ragam kadar air biodiesel.....	68
30. Uji polinomial ortogonal bilangan kadar air.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Reaksi esterifikasi.....	10
2. Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester	11
3. Diagram alir proses ekstraksi minyak <i>Spent Bleaching Earth</i>	15
4. Diagram alir proses esterifikasi minyak SBE	17
5. Diagram alir proses transesterifikasi minyak SBE.....	19
6. Grafik pengaruh waktu reaksi terhadap rendemen biodiesel.....	27
7. Grafik pengaruh suhu reaksi terhadap rendemen	28
8. Grafik pengaruh waktu reaksi terhadap bilangan asam biodiesel.....	30
9. Grafik pengaruh suhu reaksi terhadap bilangan asam biodiesel.....	31
10. Grafik pengaruh suhu reaksi terhadap bilangan penyabunan biodiesel....	32
11. Grafik pengaruh waktu reaksi terhadap bilangan penyabunan biodiesel...	33
12. Grafik pengaruh waktu reaksi terhadap bilangan iod biodiesel.....	35
13. Grafik pengaruh suhu reaksi terhadap bilangan iod biodiesel.....	35
14. Grafik pengaruh suhu reaksi terhadap bilangan indeks setana.....	37
15. Analisis kadar minyak.....	70
16. Analisis kadar air minyak SBE.....	70
17. Analisis kadar ALB minyak SBE.....	70
18. Analisis kadar abu minyak SBE.....	70
19. Proses ekstraksi minyak dari SBE.....	70
20. Proses esterifikasi dan transesterifikasi pada suhu 50 ⁰ C.....	70
21. Proses esterifikasi dan transesterifikasi pada suhu 57,5 ⁰ C.....	70
22. Proses evaporasi metanol.....	70
23. Proses filtrasi.....	71
24. Proses pemisahan gliserol.....	71
25. Proses pencucian biodiesel.....	71
26. Penimbangan bobot akhir biodiesel yang diperoleh.....	71

27. Sampel biodiesel di dalam desikator.....	71
28. Penimbangan berat akhir.....	71
29. Proses titrasi bilangan asam	72
30. Hasil setelah titrasi dengan larutan KOH 0,1 N.....	72
31. Proses titrasi bilangan bilangan penyabun biodisel.....	72
32. Hasil setelah titrasi Dengan larutan HCl 0,5 N.....	72
33. Proses reaksi di ruang gelap dengan dibungkus alumunium foil	72
34. Proses titrasi bilangan iod.....	72
35. Hasil uji iod setelah dititrasi.....	72

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Indonesia adalah negara penghasil dan eksportir *crude palm oil* (CPO) terbesar di dunia. Produksi *crude palm oil* (CPO) di Indonesia sebesar 47,18 juta ton pada tahun 2019 dan pada tahun 2021 mengalami peningkatan mencapai 49,7 juta ton (Dirjen Perkebunan, 2021). Salah satu proses penting dalam pembuatan minyak kelapa sawit adalah proses pemurnian berupa proses pemucatan *Crude Palm Oil* (CPO) yang biasanya menggunakan tanah pemucat (*bleaching earth*) dengan kadar antara 0,5-2,0% dari massa CPO (Young, 1987). Proses pemucatan CPO akan menghasilkan warna minyak menjadi jernih. Warna ini berpengaruh terhadap mutu minyak yang dihasilkan. Proses pemucatan CPO akan menghasilkan limbah padat yang biasa disebut *spent bleaching earth* (SBE) atau tanah pemucat bekas yang biasanya akan dibuang dan ditumpuk pada suatu lahan tertentu (Krisyanti dan Sukandar, 2011).

Spent Bleaching Earth (SBE) adalah limbah padat yang dihasilkan dari proses pemucatan CPO. SBE adalah campuran antara *bleaching earth* dan senyawa organik yang berasal dari CPO. Senyawa organik yang berasal dari CPO sebagian besar merupakan senyawa trigliserida dan komponen organik lainnya seperti fosfatida, gum, logam dan zat warna dalam jumlah relatif kecil (Suryani *et al.*, 2015). Berdasarkan data Pelaporan Kinerja Pengelolaan Limbah KLHK (2020) timbunan limbah SBE yang dihasilkan dari tahun ke tahun terus meningkat. Timbunan limbah SBE sebesar 184.162 ton pada tahun 2017, tahun 2018 timbunan limbah SBE sebesar 637.475 ton dan tahun 2019 timbunan limbah SBE terus meningkat hingga sebesar 778.894 ton. Menurut Musa *et al.*

(2018) kandungan minyak dalam tanah pemucat bekas sebesar 20-40 %. Sehingga di perkirakan pada produksi SBE tahun 2019 yaitu sebesar 778.894 ton didapatkan minyak SBE adalah sekitar 155-310 ribu ton pada tahun 2019. Tingginya kandungan minyak yang masih terkandung didalam SBE membuat bahan ini berpotensi untuk dikembangkan, salah satunya yaitu dimanfaatkan menjadi biosodisel.

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diproduksi melalui reaksi transesterifikasi minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol rantai pendek seperti metanol dan etanol. Reaksinya membutuhkan katalis yang umumnya digunakan adalah basa kuat, sehingga akan memproduksi senyawa kimia baru yang disebut metil ester (Adhani *et al.*, 2016). Pembuatan biodiesel biasanya dilakukan dengan menggunakan katalis homogen (asam/basa). Penggunaan katalis basa homogen untuk proses transesterifikasi memiliki kelemahan diantaranya dalam hal pemisahan yang kompleks, pemurnian produk, dan selektivitasnya yang bergantung pada kandungan asam lemak bebas dari bahan baku (Demirbas 2009b; Venkateswarulu *et al.*, 2014). Oleh karena itu, dibutuhkan tenaga kerja dan air yang banyak untuk netralisasi, proses pemisahan produk biodiesel, dan pemisahan katalis yang akibatnya menciptakan masalah ekonomi dan lingkungan.

Alternatif pengganti katalis homogen dalam proses transesterifikasi adalah dengan penggunaan katalis heterogen yang telah banyak digunakan dalam proses pengolahan biodiesel. Penggunaan katalis heterogen memberikan banyak kelebihan dikarenakan katalis ini dapat dengan mudah dipisahkan dari produknya dengan filtrasi karena fasanya berbeda dengan produknya, mudah diregenerasi, dapat digunakan kembali, tidak beracun, tidak bersifat korosif dan lebih ramah lingkungan (Hidayati *et al.*, 2017). Transesterifikasi biodiesel dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya waktu reaksi, suhu, jenis katalis, dan perbandingan rasio molar trigliserida dengan alkohol (Satriana *et al.*, 2012).

Hasil penelitian–penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa suhu reaksi dan waktu reaksi dapat meningkatkan rendemen biodisel yang dihasilkan dalam proses transesterifikasi. Namun sampai saat ini belum banyak penelitian yang menyatakan berapa besarnya suhu reaksi dan waktu reaksi yang optimal untuk menghasilkan biodisel yang tertinggi. Untuk itu, penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan suhu reaksi dan waktu reaksi yang optimal dengan penggunaan katalis heterogen untuk memperoleh rendemen tertinggi dan sesuai dengan SNI 7182-2015 dari produk biodisel berbahan baku minyak sawit hasil ekstraksi *Spent Bleaching Earth* (SBE).

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh kondisi suhu reaksi atau waktu reaksi transesterifikasi terhadap rendemen dan karakteristik biodisel berbahan baku minyak sawit hasil ekstraksi *Spent Bleaching Earth* (SBE).
2. Mengetahui interaksi antara suhu reaksi dan waktu reaksi transesterifikasi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel berbahan baku minyak sawit hasil ekstraksi *Spent Bleaching Earth* (SBE).
3. Mengetahui perlakuan terbaik dari suhu reaksi dan waktu reaksi transesterifikasi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel berbahan baku minyak sawit hasil ekstraksi *Spent Bleaching Earth* (SBE).

1.3. Kerangka Pemikiran

Spent Bleaching Earth adalah limbah padat yang dihasilkan dari industri pemurnian minyak kelapa sawit. *Spent Bleaching Earth* biasanya akan ditimbun di suatu lahan dan akan menimbulkan berbagai permasalahan pada lingkungan dan gangguan kesehatan bagi masyarakat di sekitar lahan dikarenakan adanya kandungan minyak dan logam berat yang terdapat dalam SBE (Krzyśko *et al.*,

2014). Kandungan minyak yang terdapat pada SBE cukup tinggi yaitu sekitar 20-40% (Musa *et al.*, 2018). Kandungan minyak dalam SBE tidak dapat digunakan sebagai produk pangan karena minyak hasil ekstraksi SBE masih mengandung kadar asam lemak bebas yang tinggi yakni lebih dari 2%. Tetapi SBE berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi salah satu bahan bakar alternatif yaitu biodisel.

Penelitian yang dilakukan Murti *et al.* (2015) mengenai produksi biodisel menggunakan minyak kelapa sawit diperoleh hasil terbaik pada proses transesterifikasi pada suhu 60°C dengan berat katalis heterogen CaO 3% dari berat minyak, nisbah molar metanol dengan minyak yang digunakan sebesar 8 dengan waktu reaksi selama 4 jam menunjukkan rendemen biodiesel yaitu sebesar 62,51% sedangkan produksi biodisel menggunakan minyak jarak pagar diperoleh rendemen sebesar 53,10% dengan berat katalis 10% dari berat minyak. Penelitian yang dilakukan Maulidan *et al.* (2020) mengenai produksi biodisel menggunakan CPO *off grade* diperoleh hasil terbaik pada proses transesterifikasi pada suhu 65°C dengan berat katalis heterogen CaO 2%, nisbah molar metanol dengan minyak yang digunakan sebesar 12 dengan waktu reaksi selama 100 menit menunjukkan rendemen biodiesel yaitu sebesar 29,5%. Suhu reaksi dalam pembuatan biodisel sangat berpengaruh terhadap produk biodisel yang terbentuk, suhu reaksi yang digunakan akan mempengaruhi besarnya hasil rendemen biodisel (Nurhayati, 2014).

Kenaikan suhu transesterifikasi akan mempermudah untuk terjadinya reaksi karena secara kinetika kenaikan suhu akan meningkatkan konversi. Tetapi pada reaksi transesterifikasi suhu maksimum dibatasi oleh titik didih metanol. Penggunaan suhu yang melebihi titik didih metanol dapat menurunkan efektifitas dan jumlah rendemen biodisel, hal ini diakibatkan oleh menguapnya sebagian metanol saat proses reaksi berlangsung Julia *et al.* (2007). Penelitian yang dilakukan Rachim *et al.* (2017) mengenai modifikasi katalis CaO untuk produksi biodisel dari minyak bekas diperoleh hasil terbaik pada proses transesterifikasi pada suhu 65°C dengan berat katalis heterogen CaO-ZnCl₂ 3% dari berat minyak, nisbah molar metanol dengan minyak yang digunakan sebesar 12 dengan waktu

reaksi selama 4 jam menunjukkan rendemen biodiesel yaitu sebesar 77,94%. Semakin lama waktu reaksi semakin banyak produk yang dihasilkan karena keadaan ini akan memberikan kesempatan terhadap molekul-molekul reaktan untuk saling bertumbukan. Akan tetapi, jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai, bertambahnya waktu reaksi tidak akan menguntungkan, bahkan hal ini dapat menyebabkan produk berkurang karena adanya reaksi balik (Maharani dan Zuliyana, 2010).

Berdasarkan dari penelitian-penelitian tersebut belum diketahui suhu reaksi dan waktu reaksi yang optimal dalam proses produksi biodiesel minyak sawit hasil ekstraksi *Spent Bleaching Earth* (SBE). Namun, beberapa penelitian tersebut dapat dijadikan acuan dalam penelitian ini yang diharapkan dapat mengetahui suhu reaksi dan waktu reaksi yang optimal untuk menghasilkan rendemen biodiesel tertinggi dan memenuhi syarat sesuai dengan SNI 7182-2015.

1.4. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terdapat pengaruh suhu reaksi atau waktu reaksi transesterifikasi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel berbahan baku minyak sawit hasil ekstraksi *Spent Bleaching Earth* (SBE).
2. Terdapat pengaruh interaksi suhu reaksi dan waktu reaksi transesterifikasi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel berbahan baku minyak sawit hasil ekstraksi *Spent Bleaching Earth* (SBE).
3. Terdapat perlakuan terbaik dari suhu reaksi dan waktu reaksi transesterifikasi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel berbahan baku minyak sawit hasil ekstraksi *Spent Bleaching Earth* (SBE).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Spent Bleaching Earth* (SBE)

Spent bleaching earth (SBE) adalah limbah padat yang dihasilkan dari proses pemurnian *Crude Palm Oil* (CPO) dalam industri pemurnian minyak nabati (Chanrai *et al.*, 2004). Komposisi utama dari tanah pemucat adalah *montmorillonite*, yang terdiri dari kristal alumunium silikat (SiO_2 , Al_2O_3), air terikat (H_2O), logam alkali (kalsium oksida: CaO , magnesium oksida: MgO) dan logam transisi lainnya (seperti besi oksida: Fe_2O_3) (Tsai *et al.*, 2002). Sebagian besar BE yang digunakan adalah Na-bentonit dan Ca-bentonit. Kedua jenis bentonit tersebut mampu menurunkan kadar pigmen (klorofil-a dan β -karoten), menghilangkan zat pengotor (sabun, sisa logam berat, fosfolipid), dan meminimalkan asam lemak bebas (Pohndorf *et al.*, 2016).

Proses pemurnian CPO menghasilkan tanah pemucat bekas (SBE) dalam jumlah banyak. SBE yang telah digunakan dalam proses pemurnian lama kelamaan akan normal karena permukaannya telah tertutupi oleh bahan-bahan pengotor yang terbawa pada proses pemurnian CPO antara lain fosfatida, gum, logam, asam lemak serta zat warna pada CPO sehingga tidak dapat digunakan kembali (Suryani *et al.*, 2015). SBE hasil pemurnian minyak kelapa sawit biasanya akan dibuang pada suatu lahan (*landfill*) (Krisyanti dan Sukandar, 2011). Pembuangan SBE tersebut dapat menyebabkan banyak masalah lingkungan seperti menimbulkan kerusakan lingkungan dan permasalahan kesehatan karena kandungan SBE yaitu logam berat mencemari air tanah dan minyak yang.

terkandung menghasilkan bau tidak sedap serta potensi masalah pembakaran spontan (Krzyśko *et al.*, 2014).

Residu minyak hasil ekstraksi *Spent bleaching earth* (SBE) 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 *Spent bleaching earth* (SBE) ini dapat dimanfaatkan menjadi biodiesel hal ini dikarenakan minyak hasil ekstraksi *Spent bleaching earth* sudah tidak lagi food grade atau dengan kata lain minyak tersebut tidak dapat dikonsumsi. (Young, 1987). Karakteristik minyak *Spent bleaching earth* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik residu minyak SBE

Karakteristik	Nilai
Karakteristik residu minyak :	
Asam lemak bebas, FFA(%)	12,6
Bilangan peroksida, PV (meq/kg)	3,4
Phosphorous, P (mg/kg)	18,7
Besi, Fe(mg/kg)	1,24
Tembaga, Cu(mg/kg)	0,38
β – carotene (mg/kg)	6
Vitamin E (mg/kg)	38,8
Komposisi asam lemak (%(b/b) sebagai methyl ester)	
C14:0	1,0
C16:0	44,4
C18:0	4,7
C18:1	39,4
C18:2	10,5

Sumber: Loh *et al.* (2013)

2.2. Biodiesel

Biodiesel atau dengan nama kimia *fatty acid methyl ester* (FAME) merupakan salah satu bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diproduksi melalui reaksi transesterifikasi minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol rantai pendek seperti metanol dan etanol. Reaksinya membutuhkan katalis yang umumnya digunakan adalah basa kuat, sehingga akan memproduksi senyawa

kimia baru yang disebut metil ester (Adhani *et al.*, 2016). Senyawa metil ester memiliki sifat yang relatif stabil, titik didihnya rendah, non korosif dan cair pada suhu ruang (Allen *et al.*, 1999). Biodiesel dapat digolongkan sebagai bahan bakar yang dapat diperbarui. Biodiesel dapat dibuat dari lemak atau minyak pangan dan lemak atau minyak yang tidak layak untuk pangan (*non edible oil/fat*), seperti minyak jelantah, atau minyak hasil ekstraksi *Spent Bleaching Earth* (SBE).

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan mereaksikan minyak tanaman dengan alkohol menggunakan zat basa sebagai katalis, sehingga akan menghasilkan dua zat yang disebut dengan alkil ester dan gliserol. Pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan cara yang pertama yaitu esterifikasi dan yang kedua transesterifikasi. Proses esterifikasi pada proses pembuatan biodiesel bertujuan untuk mereaksikan metanol dengan asam lemak bebas sehingga dapat menurunkan FFA dengan menghasilkan metil ester. Pembuatan biodiesel berbahan baku minyak dalam SBE harus mengandung asam lemak bebas serendah mungkin (<1%). Transesterifikasi berkatalis basa akan efisien jika bahan baku minyak berkemurnian tinggi (Putri *et al.*, 2017).

Kelebihan biodiesel yaitu angka *cetane* tinggi (> 50). Titik nyala tinggi, yakni suhu tinggi yang dapat menyebabkan uap biodiesel menyala, sehingga biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran pada saat disimpan maupun didistribusikan daripada solar. Tidak mengandung sulfur dan benzena yang mempunyai sifat karsinogen, serta dapat diuraikan secara alami. Menambah pelumasan mesin yang lebih baik daripada solar sehingga memperpanjang umur pemakaian mesin. Mudah dicampur dengan solar biasa dalam berbagai komposisi dan tidak memerlukan modifikasi mesin apapun. dan dapat mengurangi secara signifikan asap hitam dari gas buang mesin diesel, walaupun penambahan biodiesel ke dalam solar hanya 5-10% (Devita, 2015). Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional tahun 2015, Standar Nasional Indonesia (SNI) syarat mutu biodiesel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182: 2015

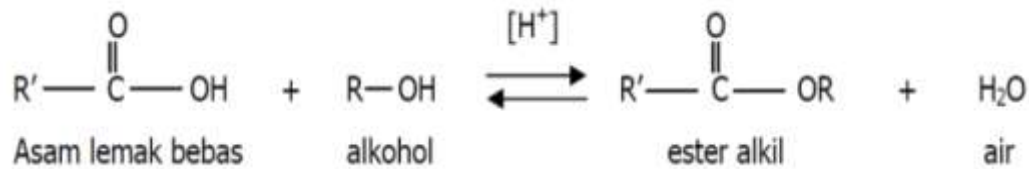
Parameter	Nilai	Metode Uji Alternatif
Massa jenis pada 40 °C kg/m ³	850 – 890	ASTM D 1298 atau ASTM D 4052
Viskositas kinematik pd 40 °C mm ² /s(cSt)	2,3 – 6,0	ASTM D 445
Indeks setana °C	min. 51	ASTM D 613 atau ASTM D 6890
Titik nyala (mangkok tertutup) °C	min. 100	ASTM D 93
Titik kabut %-massa	maks. 18	ASTM D 2500
Korosi lempeng Cu (3 jam 50°C) %-vol	nomor 1	ASTM D 130
Residu karbon		
- dalam contoh asli %-massa	maks 0,05	ASTM D 4530 atau ASTM D 189
- dalam 10 % %-massa	maks. 0,3	ASTM D 4530 atau ASTM D 189
Air dan sedimen %-vol	maks. 0,05	ASTM D 2709
Temperatur distilasi 90 % °C	maks. 360	ASTM D 1160
Abu tersulfatkan %-massa	maks. 0,02	ASTM D 874
Belerang mg/kg	maks. 50	ASTM D 5453 / ASTM D 1266 /ASTM D 4294 /ASTM D 2622
Fosfor mg/kg	maks.4	AOCS Ca 12-55
Angka asam mg-KOH/g	maks. 0,5	AOCS Cd 3d-63 / ASTM D 664
Gliserol bebas %-massa	maks. 0,02	AOCS Ca 14-56 /ASTM D 6584
Gliserol total %-massa	maks. 0,24	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584
Kadar ester metil %-massa	min 96,5	
Angka iodium %-massa (g- I ₂ /100g)	maks 115	AOCS Cd 1-25
Kadar monogliserida %- massa,	maks 0,8	ASTM D 6584
Kestabilan oksidasi (menit)		
- Periode induksi metode ranciman	480 menit	EN 15751
- Periode induksi metode petroksi	36 menit	ASTM D 7545

Sumber: BSN (2015)

2.3. Reaksi Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi antara asam lemak bebas dengan metanol membentuk metil ester menggunakan bantuan katalis asam dengan hasil samping berupa air. Katalis yang biasanya digunakan dalam proses esterifikasi yaitu asam kuat seperti

asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H₂SO₄). Reaksi esterifikasi pada asam lemak bebas dan mekanismenya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. reaksi esterifikasi (Soerawidjaja, 2005).

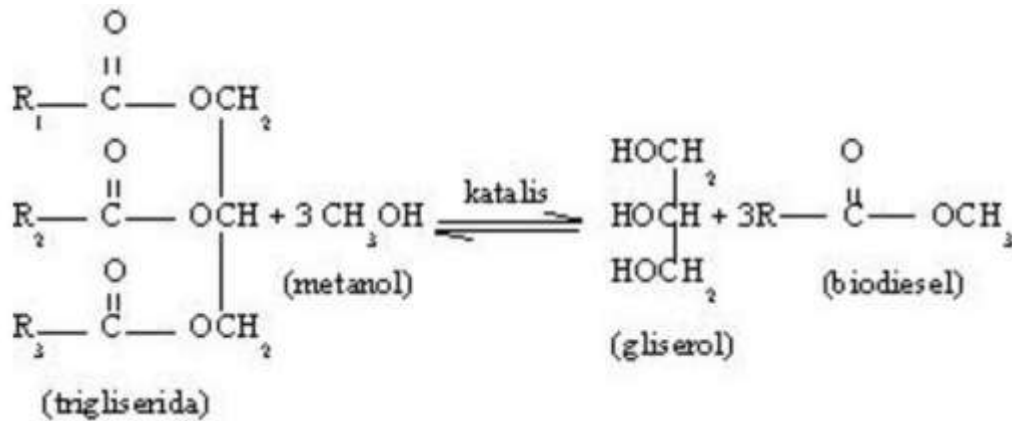
Mekanisme reaksi esterifikasi yaitu reaksi antara asam karboksilat dan alkohol membentuk ester. Turunan asam karboksilat membentuk ester asam karboksilat. Ester asam karboksilat ialah suatu senyawa yang mengandung gugus -COO R dengan R dapat berupa alkil maupun aril. Esterifikasi dikatalisis asam dan bersifat dapat balik (Arita, 2008). Adanya proton (H⁺) pada katalis H₂SO₄ mengoptimalkan produksi metil ester dan lebih mudah melepaskan proton karena terionisasi sempurna. Sedangkan alkohol berfungsi sebagai solven pengekstrak sekaligus sebagai reaktan. Reaksi esterifikasi dapat menurunkan kadar ALB hingga di bawah 2%.

2.4. Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara alkohol dengan trigliserida yang menghasilkan metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Alkohol yang umumnya digunakan dalam proses transesterifikasi adalah metanol dan etanol. Bahan baku yang akan digunakan pada reaksi transesterifikasi harus memiliki kandungan asam lemak bebas yang kecil (< 2 %) untuk menghindari pembentukan sabun. Prinsip reaksi transesterifikasi yaitu alkohol direaksikan dengan ester, sehingga senyawa trigliserida akan terpecah dan terjadi perpindahan gugus alkil antar ester yang akhirnya menghasilkan ester baru (biodiesel).

Proses transesterifikasi biodiesel dilakukan dengan penambahan katalis yang bertujuan untuk mempercepat reaksi. Tanpa penambahan katalis, reaksi transesterifikasi tetap berjalan optimum namun membutuhkan waktu yang lama.

Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis basa seperti NaOH, KOH, NaOCH₃ dan KOCH₃ (Canakci and Sanli, 2008). Selain menambah katalis, terdapat beberapa cara untuk mendorong reaksi ke arah produk pada proses transesterifikasi yaitu dengan menambahkan metanol secara berlebih dan menurunkan suhu reaksi (Budiman *et al.*, 2018). Adapun reaksi dari transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi transesterifikasi (Soerawidjaja, 2005).

2.5. Katalis Heterogen

Penggunaan katalis heterogen pada proses transesterifikasi adalah untuk mempercepat terjadinya suatu reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi, katalis heterogen mempunyai sifat dan fasa zatnya berbeda dengan fasa reaktannya. Katalis heterogen mempunyai keuntungan dan sifatnya yang ramah lingkungan yaitu tidak bersifat korosif, efisiensi yang tinggi, mudah dipisahkan dari produk dengan cara filtrasi serta dapat digunakan berulang kali dalam jangka waktu yang lama. Namun, pada prosesnya dibutuhkan proses pengadukan secara kontinyu, karena katalis ini tak dapat bercampur merata dengan reaktan (Helwani, 2009). Pada hakekatnya suatu katalis heterogen terdiri dari dua komponen utama, yaitu situs aktif (dopan) dan penyangga. Situs aktif umumnya berupa oksida logam yang berfungsi untuk mempercepat dan mengarahkan reaksi, sedangkan penyangga umumnya berupa zat padat berpori yang berfungsi untuk memberikan luas permukaan yang lebih besar bagi situs aktif (Istadi, 2011). Penelitian yang dilakukan Sibarani *et al.* (2020) mengenai produksi biodiesel menggunakan minyak jelantah diperoleh hasil terbaik pada proses transesterifikasi pada suhu

60°C dengan berat katalis heterogen CaO-bentonit 5 % dengan waktu reaksi selama 5 jam menghasilkan rendemen biodiesel yaitu sebesar 66,74%

2.6 Suhu Reaksi dan Waktu Reaksi

Suhu reaksi berkaitan dengan panas yang dibutuhkan untuk mencapai energi aktivasi. Semakin tinggi suhu, maka semakin banyak energi yang digunakan reaktan untuk saling bertumbukan dalam mencapai energi aktivasi. (Nurhayati, 2014). Suhu mempengaruhi viskositas dan densitas, karena viskositas dan densitas merupakan dua parameter fisik penting yang mempengaruhi kondisi reaktan. Semakin tinggi suhu reaksi maka partikel reaktan akan bergerak lebih cepat sehingga tumbukan antar partikel lebih intens (Alfianita, 2019). Dalam proses transesterifikasi peningkatan suhu reaksi menyebabkan gerakan molekul semakin cepat (tumbukan antara molekul pereaksi meningkat) atau energi yang dimiliki molekul bisa mengatasi energi aktivasi dengan kata lain perubahan suhu akan mempengaruhi probabilitas /peluang molekul dengan energi yang sama atau lebih tinggi dari energi aktivasi (Kartika dan Widyaningsih, 2012).

Waktu reaksi dalam proses transesterifikasi sangat berpengaruh terhadap besarnya produk biodiesel yang dihasilkan. Semakin lama waktu reaksi semakin banyak produk yang dihasilkan karena keadaan ini akan memberikan kesempatan terhadap molekul-molekul reaktan untuk saling bertumbukan satu sama lain lebih lama sehingga kinerja katalis akan lebih maksimal. Namun jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai maka dengan bertambahnya waktu reaksi tidak akan menguntungkan, bahkan hal ini dapat menyebabkan produk berkurang karena adanya reaksi balik, yaitu metil ester terbentuk menjadi trigliserida (Maharani dan Zuliyana, 2010).

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

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

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Spent Bleaching Earth* (SBE). Bahan pendukung adalah metanol, katalis heterogen $\text{CaO} \geq 96\%$, heksana, H_2SO_4 , aquades, etanol 96%, kloroform, larutan wijs, larutan KI 20%, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, indikator fenolftalein (PP), indikator amilum, HCl dan alkohol 96%.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah soxhlet, kondensor, buret, beaker glass 50 mL dan 100 mL, buret, erlemeyer, gelas ukur 25 mL; 50 mL; 100 mL, labu destilasi, labu leher tiga, *magnetic stirrer* dengan pengatur suhu, oven, pipet tetes, pipet volume, statif dan klem, thermometer, kertas saring, pompa vakum, dan corong pemisah.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) yang disusun secara faktorial yaitu 2 faktor dengan 3 kali ulangan. Faktor perlakuan berupa suhu reaksi yaitu 50°C ; $57,5^\circ\text{C}$; 65°C dan

waktu reaksi yaitu 60; 105; 150 menit. 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 3.

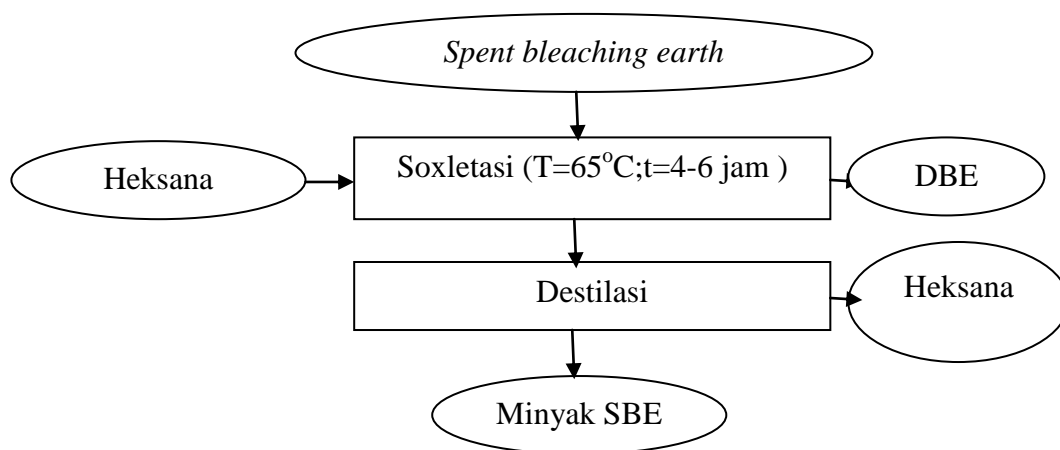
Tabel 3. Kombinasi perlakuan.

Suhu reaksi	Waktu reaksi	Perlakuan		
50°C (S1)	60 menit(W1)	S1W1	S1W2	S1W3
57,5°C (S2)	105 menit(W2)	S2W1	S2W2	S2W3
65°C(S3)	150 menit(W3)	S3W1	S3W2	S3W3

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Ekstraksi Minyak dari *Spent Bleaching Earth*

Pada penelitian ini prosedur pertama yang dilakukan adalah mengekstrak minyak yang terdapat dalam SBE untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Metode ekstraksi yang digunakan adalah *soxlethasi* menggunakan pelarut heksana yang membutuhkan waktu kurang lebih 4-6 jam dengan kondisi suhu proses 65 °C. Pada pemanasan pelarut akan menguap ke atas dan pada saat uap pelarut sampai ke ruang pendingin, pelarut tersebut akan menjadi cair dan menetes ke *spent bleaching earth* yang berada dibawahnya. Proses tersebut akan berlangsung berulang-ulang sehingga minyak yang terdapat pada *spent bleaching earth* akan terekstrak dengan sempurna. Setelah proses ekstraksi selesai dilakukan, dilanjutkan proses destilasi untuk mengeluarkan pelarut heksana dalam ekstrak minyak. Selanjutnya minyak dilakukan karakterisasi berupa pengukuran kadar minyak, kadar asam lemak bebas (ALB), kadar abu, dan kadar air dalam *spent bleaching earth* (SBE). Diagram alir proses ekstraksi minyak dalam SBE disajikan pada Gambar 3



Gambar 3. Diagram alir proses ekstraksi minyak *Spent Bleaching Earth* (Siskayanti *et al.*, 2019) yang telah dimodifikasi

Minyak SBE yang telah didapatkan selanjutnya dikarakterisasi sebelum dilakukan proses esterifikasi dan transesterifikasi untuk pembuatan biodiesel berbahan baku *Spent Bleaching Earth* yaitu dilakukan analisis kadar asam lemak bebas, kadar air, dan kadar abu.

1. Analisis kadar asam lemak bebas

Analisis kadar asam lemak bebas pada penelitian ini mengacu pada SNI 01-2601-2006. Prosedur analisis diawali dengan menimbang sebanyak 5 gram sampel minyak SBE, selanjutnya dimasukan dalam Erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 50 mL etanol 96% serta dipanaskan pada suhu 40 °C sampai sampel minyak terlarut. Selanjutnya sampel ditetaskan sebanyak 1-2 tetes indikator fenolftalein dan dihomogenkan, Kemudian dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N hingga sampel berubah warna menjadi merah muda yang stabil bertahan minimal 30 detik. Setelah itu dihitung besarnya nilai bilangan asam lemak bebas dengan rumus:

$$\text{Kadar ALB} = \left(\frac{25,6 \times V \times N}{M} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

V= volume NaOH

N= normalitas NaOH

M= berat sampel (gram)

25,6= bobot molekul ALB (asam palmitat)

2. Analisis kadar air 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 gram pada cawan porselin yang sudah diketahui bobotnya kemudian dikeringkan pada oven suhu 105°C selama 1 jam. Kemudian didinginkan dalam deksikator 30 menit, ditimbang, diulangi hingga diperoleh bobot tetap. Kadar air dihitung dengan rumus berikut:

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

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

Prosedur uji kadar abu mengacu pada SNI 01-2891-1992. Posedur pengujian kadar abu diawali dengan penimbangan sampel (ekstrak minyak SBE) sebanyak 1-2 gram dalam cawan porselen yang sudah diketahui bobotnya. Sampel kemudian diarangkan dalam tanur dengan suhu 550 °C sampai proses pengabuan sempurna. Kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai diperoleh bobot konstan. Kadar abu dapat dihitung melalui persamaan ini.

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\mathbf{W2 - W1}}{\mathbf{W0}} \times 100\%$$

Keterangan:

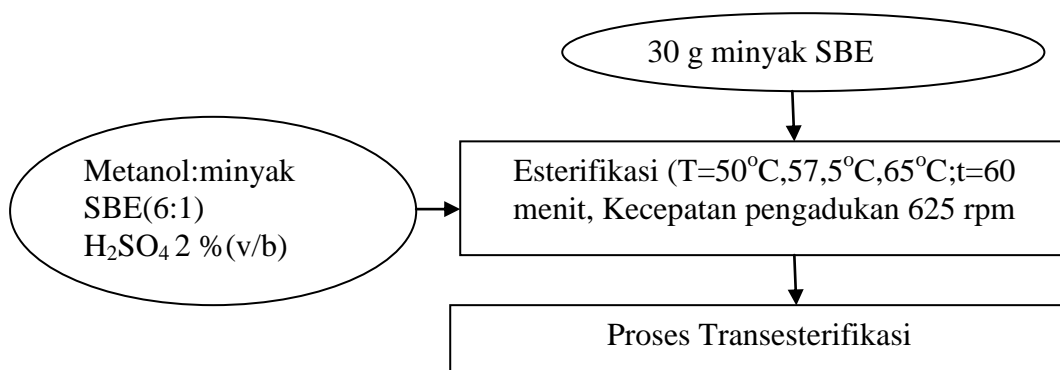
W1= berat SBE sebelum diabukan (gram)

W_2 = berat SBE + cawan sesudah pengabuan (gram)

W = berat cawan kosong (gram)

3.4.2. Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan minyak SBE dengan metanol dan H_2SO_4 . Nisbah metanol/minyak yang digunakan adalah 6. Jumlah katalis H_2SO_4 yang ditambahkan sebanyak 2% (v/b) dan esterifikasi dilaksanakan selama 90 menit. Selama proses digunakan pengadukan pada kecepatan 625 rpm serta suhu reaksi sesuai dengan perlakuan. Setelah itu proses dilanjutkan dengan transesterifikasi. Proses esterifikasi bertujuan untuk menurunkan ALB hingga kurang dari 2% dan mengubah ALB menjadi biodisel. Berikut disajikan diagram alir proses esterifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.

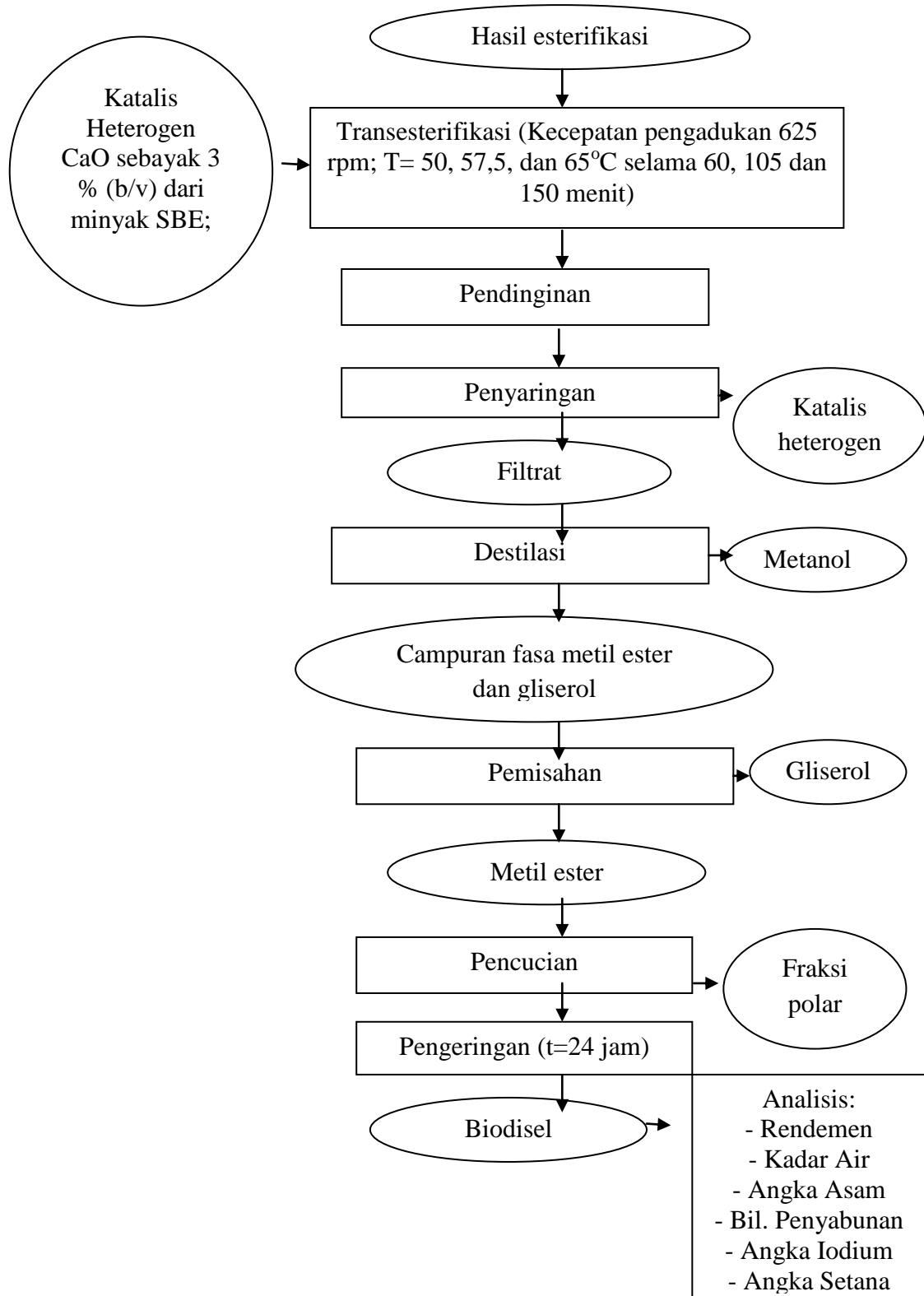


Gambar 4. Diagram alir proses esterifikasi minyak SBE (Mardawati *et al.*, 2019) yang telah dimodifikasi

3.4.3. Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi dimulai dengan menyiapkan minyak SBE yang telah dilakukan esterifikasi. Katalis heterogen CaO sebanyak 3% (b/v) ditambahkan kedalam reaktor. Katalis ditambahkan dan dimulai proses transesterifikasi dengan kecepatan pengadukan 625 rpm dengan variasi waktu yaitu 60; 105; dan 150 menit dan variasi suhu yaitu 50°C, 57,5°C dan 65°C. Setelah waktu reaksi tercapai reaksi dihentikan dengan menghentikan pemanasan dan pengadukan. Selanjutnya dibiarkan hingga suhu ruang, dan dilakukan filtrasi menggunakan kertas saring

sehingga katalis heterogen terpisah dan diperoleh filtrat. Filtrat yang diperoleh dievaporasi menggunakan alat distilasi sehingga pelarut metanol menguap dan didapatkan larutan campuran metil ester dan gliserol. Larutan dimasukkan ke dalam labu pemisah, didiamkan sampai terbentuk 2 fasa yaitu fasa atas merupakan metil ester (biodiesel) dan fasa bawah merupakan gliserol. Fasa bawah yaitu gliserol dikeluarkan hingga batas antar fasa. Lalu fasa atas (metil ester) dilakukan pencucian dengan aquades yang bersuhu 60-70°C hingga pH air cucian netral. Selanjutnya biodiesel yang dihasilkan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 24 jam sehingga sisa air dan pelarut dapat teruapkan. Biodiesel hasil reaksi transesterifikasi selanjutnya dikarakterisasi untuk menentukan rendemen, bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod dan indeks setana.



Gambar 5. Diagram alir proses transesterifikasi minyak SBE(Mardawati *et al.*, 2019) yang telah dimodifikasi

3.5. Prosedur 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:

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

Keterangan :

W biodiesel = berat biodiesel (g)

W minyak = berat minyak (g)

3.5.2. Penentuan Bilangan 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):

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

Keterangan :

V : volume KOH yang dibutuhkan untuk titrasi (ml)

N : normalitas KOH

m : berat sampel biodiesel (gram)

56,1 : berat molekul KOH

3.5.3. Angka Iodium

Penentuan bilangan Iod dilakukan dengan mengikuti SNI 01-3555-1998. Biodiesel sebanyak 0,5 g dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL yang dibungkus rapat dengan aluminium 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 dititrasikan dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N hingga larutan berubah warna merah kekuningan menjadi kuning pucat. Setelah itu larutan tersebut ditetesi dengan larutan indikator amilum/kanji 4 tetes (larutan berbubuk menjadi berwarna kuning gelap), dan titrasi dilanjutkan hingga warna kuning tersebut hilang. Dengan cara yang sama dilakukan untuk blanko (tanpa sampel minyak) (Sulastri, 2011).

$$\text{Angka iodium} = \frac{V_b - V_s \times N \times 12,69}{m}$$

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 sampel(gram)

12,69 = Berat ekuivalen iod / 10

1/10 = faktor konversi agar satuan menjadi g iod / 100 g minyak

3.5.4. Penentuan Kadar Air Biodiesel

Prosedur uji kadar air mengacu pada SNI 01-2891-1992 dengan metode oven yang berprinsip pada kehilangan bobot pada pemanasan pada suhu 105°C. Prosedur 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:

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

Keterangan :

A : Bobot biodiesel sebelum dikeringkan (gram)

B : Bobot cawan + sampel sebelum dikeringkan (gram)

C : Bobot cawan + sampel setelah dikeringkan (gram)

3.5.5. 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 :

$$\text{Bilangan penyabunan} = \frac{(\mathbf{Vb} - \mathbf{Vs}) \times \mathbf{N} \times 12,69}{\mathbf{m}}$$

Keterangan :

Vb = volume HCl (ml) yang dibutuhkan untuk menitrasi blanko

Vs = volume HCl (ml) yang dibutuhkan untuk menitrasi sampel minyak

N = normalitas larutan KOH-alkoholis

m = bobot biodiesel

56,1 = berat equivalen KOH

3.5.6. 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 :

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

Keterangan :

x = bilangan penyabunan

y = bilangan iod

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

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Perlakuan suhu reaksi berpengaruh terhadap rendemen, bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod dan indeks setana biodiesel yang dihasilkan sedangkan Perlakuan waktu reaksi berpengaruh terhadap rendemen, bilangan asam, bilangan penyabuna,dan bilangan iod.
2. Terdapat interaksi antara perlakuan suhu dan waktu reaksi terhadap rendemen, bilangan asam bilangan iod. Namun, tidak terdapat interaksi terhadap bilangan penyabun, indeks setana dan kadar air.
3. Suhu reaksi dan waktu reaksi terbaik dalam penelitian ini adalah perlakuan S3W3 yaitu suhu reaksi 65°C dan waktu reaksi 150 menit yang menghasilkan biodiesel dengan rata-rata rendemen 40,32%; bilangan asam 0,53 mg KOH/gram; bilangan penyabunan 163 mg KOH/gram; bilangan iod 36 g I₂/100 g; indeks setana 71 dan kadar air 3,09%.

5.2. Saran

Perlu dilakukan kajian lebih lanjut tentang proses transesterifikasi tentang waktu reaksi yang dapat dilakukan lebih lama guna menghasilkan rendemen yang lebih tinggi serta proses pengeringan dengan penggunaan alat oven yang dapat digantikan dengan *vacuum dryer* untuk menghasilkan kadar air sesuai SNI 7182:2015.

DAPTAR PUSTAKA

- Adhani, L., Aziz, I., Nurbayti, S., Oktaviana, C.O. 2016. Pembuatan Biodiesel dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Kimia VALENSI*. 2(1): 71-80.
- Alptekin, E. and Canakci, M. 2008. Determination of the density and the viscosities of biodiesel–diesel fuel blends. *Renew Energy*. 33 : 2623 – 30.
- Allen, C.A.W., Watts, K.C., Ackman, R.G., dan Pegg, M.J. 1999. Predicting The viscosity of Biodiesel Fuels from their Fatty Acid Ester Composition. *Fuel*. 78 (11) : 1319–1326.
- Alfianita, R. A. L. 2019. Pengaruh Variasi Waktu Dan Suhu Terhadap Rendemen Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Katalis Abu Layang Batubara (Fly Ash) Melalui Proses Transesterifikasi. *Skripsi* . Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. 96 hlm.
- Andalia, W., dan Pratiwi, I. 2019. Kinerja Katalis NaOH dan KOH ditinjau dari Kualitas Produk Biodiesel yang dihasilkan dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Tekno Global*. 7 (2) : 66 – 73.
- Arita, S., Dara, M.B., dan Irawan, J. 2008. Pembuatan Metil Ester Asam Lemak dari CPO Off Grade dengan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi. *Jurnal Teknik Kimia*, No. 2, Vol. 15, 34-43.
- Arifin, Z., Rudyanto, B., dan Susmiyati, Y. Produksi Biodisel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Heterogen Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*) dengan Menggunakan Pencucian Dry Washing. *Jurnal Rotor*, No. 2, Vol. 9, 100-104
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182 : 2015*. SNI Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 88 hlm.
- Berrios, M., Martin, M. A., Chica, A. F., and Martin, A. 2010. Study of Esterufication and Transesterification in Biodiesel Production from Used Frying Oils in Aclosed System. *Chemical Engineering Journal*. 160 : 473-479 pp.
- Bozbas, K. 2005. Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union. *Renew Sust Energ Rev*. 1 – 12.

- Budiman, A., Kusumaningtyas, R. D., dan Pradana, Y. S. 2018. *Biodiesel: Bahan Baku, Proses, dan Teknologi*. UGM PRESS. Yogyakarta :15-23 hlm.
- BSN. 1992. Cara Uji Makanan dan Minuman SNI 01-2891-1992. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta: 9-11 hlm.
- BSN. 1998. Cara Uji Minyak dan Lemak SNI 01-3555-1998. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta: 5-8 hlm.
- Canakci, M., dan Sanli, H. 2008. Biodiesel Production from Various Feedstocks effects on The Fuel Properties. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 35 (5) : 431–441.
- Chanrai, N.G. dan S.G. Burde. 2004. *Recovery of Oil from Spent Bleaching Earth*. US Patent No. 6,780,321 B2
- Daryono, E.D., Sintoyo, A., dan Gunawan, R.C. 2020. Transesterifikasi *In Situ* Minyak Biji Pepaya Menjadi Metil Ester dengan *Co-Solvent* N-Heksana Menggunakan *Microwave* .. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 4(1) : 17-6.
- Demirbas, A. 2009b. Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy Convers Manage* 50:14-34.
- Devita, L. 2015. Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif dan Prospektif. *Agrica Ekstensia*. 9(2): 23-26 hlm.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2020. *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional2020 : Kelapa Sawit*. Dirjen Perkebunan Kementan RI. Jakarta. 1056 hlm.
- Fajrin, I. 2011. Evaluasi Analisis Alat Pemisahan Kontinyu Biodiesel-Air. Skripsi. Universitas Indonesia. Jakarta. 68 hlm.
- 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.
- Helwani, Z. 2009. Solid Heterogenous Catalysts for Transesterification of Triglycerides with Methanol : A Review. *App Catal A*:363:1-10.
- Hidayati, N., Ariyanto, T. S., & Septiawan, H., 2017. Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel Dengan Katalis Kalsium Oksida. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), pp.1-5.
- Istadi. 2011. *Teknologi Katalis untuk Konversi Energi : Fundamental dan Aplikasi*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu. 148 hlm

- Jaya, D., Widayati, T.W., Salsabidla, H., dan Majid, M. F. A. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Heterogen. *Jurnal eksergi*. vol. 19, no. 1, hal. 29-34.
- Kartika, D. dan Widyaningsih, S. 2012. Konsentrasi Katalis dan Suhu Optimum pada Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit Alam Aktif (ZAH) dalam Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah, *Jurnal Natur Indonesia*, vol. 14, no. 3, hal. 219-226.
- Kartika, I.A., Yani, M., dan Hermawan, D. 2011. Transesterifikasi *in situ* Biji Jarak Pagar : Pengaruh Jenis Pereaksi, Kecepatan Pengadukan dan Temperatur Reaksi Terhadap Rendemen dan Kualitas Biodiesel. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 21: 24-33
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan PPID/Biro Hubungan Masyarakat. 2020. Peraturan Menteri LHK No. 10 Tahun 2020, Alternatif Solusi KLHK Untuk Pengelolaan Limbah B3 *Spent Bleaching Earth*. https://www.ppid.menlhk.go.id/siaran_pers/browse/2535. Diakses pada 22 maret 2022.
- 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.
- Krisyanti, S. dan Sukandar. 2011. Recovery Minyak dari Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Spent Bleaching Earth dengan Metode Ekstraksi Pelarut. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 17(1) : 35-46.
- Krzysko, L., Cybulska, K., Wieczorek, A., Mozdzer, E., dan Nowak, M.J. 2014. The Effect of Spent Bleaching Earth Ageing Process on Its Physicochemical and Microbial Composition and Its Potential Use As A Source of Fatty Acids and Triterpenes. *Article The Effect of Spent Bleaching Earth. Environ Sci Pollut Res*. 21 : 10765–10774
- Kumar, K. R., Chandrika, K., Prasanna, K. T., and Gowda, B. 2015. Biodiesel production and characterization from non-edible oil tree species *Aleurites trisperma* Blanco. *Biomass Conversion and Biorefiner*. 5 (3) : 287 – 294.
- Kusumaningtyas, N. W. 2011. Proses Esterifikasi Transesterifikasi *in situ* Minyak Sawit Dalam Tanah Pemucat Bekas Untuk Proses Produksi Biodiesel. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 102 hlm.
- Kusumaningtyas, R. D., dan Bachtiar 2012. Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Karet dengan Variasi Suhu dan Konsentrasi KOH untuk Tahapan Transesterifikasi. *Jurnal Alam Terbaharukan*. 1 (2).

- Laila, L., dan Oktaviana. 2017. Kaji Eksperimen Angka Asam dan Viskositas Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit dari PT Smart Tbk. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*. 2 (1): 27-31
- Loh, S. K., James, S., Ngatiman, M., Cheong, K. Y., Choo, Y. M., and Lim, W. S. 2013. Enhancement of palm oil refinery waste–Spent bleaching earth (SBE) into bio organic fertilizer and their effects on crop biomass growth. *Industrial crops and products*, 49, 775- 781.
- Lu, H.F.S. and Tan, P.P. 2009. A Comparative Study of Storage Stability in Virgin Coconut Oil and Extra Virgin Olive Oil Upon Thermal Treatment. *International Food Research Journal*. 16:343-345.
- Mahmudul, H.M, Hagos, F., Mamat, R., Adam, A.A., Ishak, W.F.W. and Alenezi, R. 2017. Production, Characterization and Performance of Biodiesel As An Alternative Fuel In Diesel Engines - A Review. *Renew Sustain Energy*. 72 : 497-509.
- Maharani dan Zuliana. 2010. Pembuatan Metil Ester (Biodisel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Skripsi*. Universitas Diponegoro. 43 hlm.
- Marella, T. K., Datta, A., Patil, M. D. Dixit, S. and Tiwari A. 2019. Biodiesel Production Through Algal Cultivation In Urban Wastewater Using Algal Floway. *Bioresour Technol*. 280 : 222–228.
- Mardawati, E., Hidayat, M.S., Rahmah, D.M., dan Rosalinda, S. 2019. Produksi Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Kasar *Off Grade* dengan Variasi Pengaruh Asam Sulfat pada Proses Esterifikasi terhadap Mutu Biodiesel yang Dihasilkan. *Jurnal Industri Pertanian*. 1(3): 46-60.
- Maulidan, F., Ramadhanti, F.A. dan Wahyudi, B. 2020. Pemanfaatan CPO *Off-Grade* dalam Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis CaO pada Reaksi Transesterifikasi. *ChemPro Journal*. 1(2): 26-31
- Monde, J., Fransiskus, H., Lutfi, M. dan Kumalasari, P. 2022. Pengaruh Suhu pada Proses Transesterifikasi terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Pendidikan Tambusai*. Volume 6, Hal 1325-1330
- Murti, G.W., Rahmawati, N., Heriyanti, S.I. dan Hastuti, Z. D. 2015. Optimasi Proses Produksi Minyak Kelapa Sawit dan Jarak Pagar dengan Menggunakan Katalis Heterogen Kalsium Oksida. *Jurnal Energi dan Lingkungan*. 11(2): 91-100
- 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.

- Nurhayati. 2014. *Teknologi Pemrosesan Biodiesel*. Teaching Biomass Technologies. Bandung. Hal : 83.
- Pohndorf, R.S., Camara, A.S., Larrosa, A.P.Q., C. P. Pinheiro., Strieder, M., dan Luiz A. A. P. 2016. Production of lipids from microalgae *Spirulina* sp.: Influence of Drying, Cell Disruption and Extraction Methods. *Biomass and Bioenergy*. 93 : 25-32
- Prihanto, A., Pramudona, B., dan Santosa, H. 2013. Peningkatan *Yield* Biodisel Minyak Biji Nyamplung Melalui Transesterifikasi Dua Tahap. *Jurnal Momentum* . vol 9, no 2. Hal 46-55
- Putri, R. A., Azhari, M., dan Ishak. 2017. Optimasi Proses Pembuatan Biodiesel Biji Jarak Pagar Melalui Proses Ekstraksi Reaktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 16-30 hlm.
- Qian, J., Fei, W., Sen, L., and Zhi, Y. 2008. In Situ Alkaline Transesterification of Cotton Seed Oil for Production of Biodiesel and Non Toxic Cotton Seed Meal. *J. Bioresource Technology*, 99 : 9009-9012.
- Rachim, S.A.G.,Raya, I. Dan Zakir, M. 2017. Modifikasi Katalis CaO Untuk Produksi Biodisel dari Minyak Bekas. *Journal chem indo*. 5(1), 47-52
- Refaat, A.A. 2009. Correlation between the chemical structure of biodiesel and its physical properties. *Int Environ Sci Tech*. 6 (4):677-694
- 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, N.E. Husna, Desrina dan Supardan, M.D. (2012). Karakteristik Biodisel Hasil Ekstraksi Minyak Jelantah Menggunakan Teknik Kavitasi Hidrodinamik. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian* 4(2): 15-20.
- 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.
- Solikhah, D. W., Barus, B. R., Karuana F., Wimada A. R., dan Amri K. 2020. *Pedoman Penanganan Dan Penyimpanan Biodiesel Dan Campuran Biodiesel (B30)*. DIREKTORAT BIOENERGI. Jakarta. 3-6 hlm.
- 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.
- Sudradjat, R., Sahirman, dan Setiawan, D. 2007. Pembuatan biodiesel dari biji nyamplung. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 25(1): 41-56

- Sudradjat, R., Pawoko, E., Hendra, D., dan Setiawan, D. 2010. Pembuatan Biodiesel Dari Biji Kesambi (*Schleichera oleosa* L.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 28(4): 358-379.
- Sulastri. 2011. Uji Sifat Fisiko-Kimia dan Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Mahoni (*Swietenia mahogani* (L.) Jacq.). Tesis. Universitas Indonesia. Depok. 131 hlm.
- 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.
- 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.
- Tsai, W. T., Chen, H. P., Hsieh, M. F., Sun, H. F., and Chien, S. F. 2002. Regeneration of Spent Bleaching Earth by Pyrolysis in a Rotary Furnace. *Journal Analy and ApplyPyrolis*. 63(1):157–170 pp.
- Venkateswarulu, T.C., C.V. Ravi Teja, K.V. Prabhaker, D.J. Babu, A.R. Reddy, M. Indira, A. Venkatanarayana. 2014. A review on methods of transesterification of oils and fats in biodiesel formation. *Int Journal Chemtech Res* 6(4):2568-2576.
- Widyasanti , A.,Nurjanah , S., dan Sinatria , T. M. G. 2017. Pengaruh Suhu dalam Proses Transesterifikasi pada Pembuatan Biodisel Kemiri Sunan (*Reautealis trisperma*). *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. Vol. 07, No. 01:9-18
- 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 (*Callophyllu inophyllum*). *Jurnal Wana Tropika*. 12 (1) : 93 – 102.
- 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.
- 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 pp.