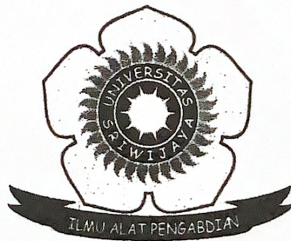


**KONVERSI MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL MELALUI
REAKSI ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI DENGAN
METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ELEKTRODA GRAFIT**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia Fakultas MIPA**



Oleh:

LISMIANI

08031282025053

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**KONVERSI MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL MELALUI
REAKSI ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI DENGAN
METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ELEKTRODA GRAFT**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelara Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**

Oleh :

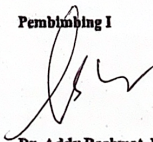
LISMIANI

08031282025053

Indralaya, 19 September 2024

Mengetahui,

Pembimbing I



Dr. Addy Rachmat, M.Si
NIP. 197409282000121001

Pembimbing II



Prof. Hermansyah, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 197111191997021001

Dekan FMIPA



Prof. Hermansyah, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Lismiani (08031282025053) dengan judul "Konversi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Melalui Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Grafit" telah disidangkan dihadapan Tim Penguji Seminar Hasil Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 19 September 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 20 September 2024


Ketua:

1. **Dr. Ferlinahayati, M.Si**
NIP. 197402052000032001

()

Pembimbing


1. **Dr. Addy Rachmat, M.Si**
NIP. 197409282000121001
2. **Prof. Hermansyah, M.Si., Ph.D**
NIP. 197111191997021001

()

()

Penguji

1. **Dr. Zainal Fanani, M.Si**
NIP. 196708211995121001
2. **Dr. Muhammad Saïd, M.T**
NIP. 197407212001121001

()

()

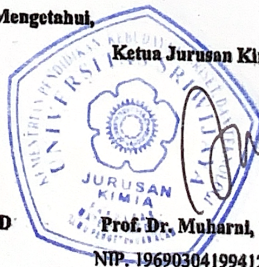
Mengetahui,

Dekan FMIPA



Prof. Hermansyah, M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia



Prof. Dr. Muharni, M.Si
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Lismiani
NIM : 08031282025053
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 19 September 2024

Penulis



Lismiani

NIM. 08031282025053



**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Lismiani

NIM : 08031282025053

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

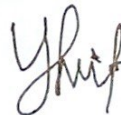
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : "Konversi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Melalui Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Grafit". Dengan hak bebas royalti non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 19 September 2024

Yang Menyatakan



Lismiani

NIM. 08031282025053

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Ya (cukup). ‘Jika kamu bersabar dan bertakwa ketika mereka datang menyerang kamu secara tiba-tiba, niscaya Allah akan menolongmu dengan lima ribu malaikat yang memakai tanda’,” (QS. Ali Imran: 125).

“Dan janganlah kamu (merasa) lemah, dan jangan (pula) bersedih hati, sebab kamu paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang beriman.” (QS. Ali Imran: 139).

“Apapun yang menjadi takdirmu akan mencari jalannya untuk menemukanmu” (Ali Bin Abi Thalib)

Skripsi ini sebagai salah satu rasa syukur kepada Allah SWT dan Baginda *Rasūlullāh* Muhammad SAW serta dipersembahkan untuk :

1. Kedua orangtuaku, Bapak Alm. Herwani dan Ibu Syamsidar tercinta.
2. Saudara saudariku Kak Zulkarnain, Kak Oktafianus, Yuk Yuyun Rohida, Kak Ari Kosasi dan Marlintio serta keluarga besar tersayang.
3. Dosen pembimbing akademik yaitu Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D dan dosen pembimbing tugas akhir yaitu Bapak Addy Rachmat M.Si.
4. Seluruh dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Almamater Universitas Sriwijaya.
6. Sahabat-sahabatku yang selalu mendoakan dan mendukung.
7. Rekan-rekan seperjuangan di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
8. Orang-orang baik yang sering menolong, mendukung, dan mendoakan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur tak henti penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya karena atas izin-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Konversi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Melalui Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Grafit”. Penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena didalamnya masih terdapat kekurangan-kekurangan. Hal ini dikarenakan keterbatasan yang dimiliki oleh penulis baik dalam segi kemampuan, pengetahuan serta pengalaman penulis. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun agar dalam penyusunan karya tulis selanjutnya dapat menjadi lebih baik. Penulis sangat berterima kasih atas doa, dukungan, dan kepercayaan yang telah diberikan dari orang tua penulis yaitu Bapak **Alm.Herwani** dan Ibu **Syamsidar** tercinta dan tersayang. Proses penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak terutama kepada **Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.** selaku dosen pembimbing akademik dan tugas akhir serta **Dr. Addy Rachmat, M.Si** selaku pembimbing tugas akhir, yang dengan sabar dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta memberikan bimbingan, motivasi, arahan, dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama menyusun skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini, diantaranya yaitu kepada:

1. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya serta selaku dosen pembimbing akademik dan pembimbing kedua tugas akhir.
2. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya selaku dosen pembimbing pertama tugas akhir.

4. Bapak Dr. Zainal Fanani, M.Si. dan Bapak Dr. Muhammad Said, M.T. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana.
5. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan.
6. Kak Iin dan mbak Novi, selaku Admin Jurusan Kimia FMIPA terimakasih banyak karena telah membantu dalam mengurus dan mengatur jadwal dan ikut serta berperan dalam tugas akhir saya.
7. Saudara-saudariku Kak Jol, Kak Iyan, Yuk Yuyun, Kak Ari, Tio dan saudara iparku Yuk Isti, Yuk Yenti, Kak Adi, Yuk Melisa serta Keponakanku Adri, Zian, Ersy, Yudha, Rubi, Bilal, Zahir, Habil, Aisyah, Jaris, dan Arisa yang telah menyemangati, membantu dan mendoakan.
8. M.D.A.P terima kasih telah mendukung dan membantu penulis. Terima kasih sudah mau menemani dari semasa kuliah online hingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan. Terima kasih sudah selalu memberi nasihat dan semangat kepada penulis. Terima kasih tetap bertahan dan sudah selalu sabar menghadapi penulis dan selalu berusaha membahagiakan penulis.
9. Sahabatku (Nia, Meissy, Mutia, Angel, Taris) yang selalu menemani penulis jauh dari sebelum memasuki hiruk pikuk dunia perkuliahan. Kepada Nia, terima kasih sudah mau menemani penulis dari kecil, menerima dan mengerti sikap dan sifat penulis, sudah mau selalu penulis repotkan dan selalu memberi semangat dan solusi, terima kasih sudah mengisi hari-hari kosong penulis selama skripsian, maaf ya nia kalo aku sering marah ke kamu, semoga kita bisa menjadi rich woman, tetap menjadi orang baik tapi jangan menjadi orang bodoh ya nia. Kepada Mutia dan Taris, terima kasih sudah menemani sejak aku masih SMP, mensupport dan mendengarkan keluh kesah penulis selama mengerjakan skripsi, semangat untuk kita bertiga dan semoga kita cepat berkumpul lagi. Kepada Meissy dan Angel teman satu SMP tapi setelah awal SMA baru bonding, terima kasih sudah menemani penulis di masa struggle skripsian, mendengarkan keluh kesah dan menemani penulis saat sedang pusing menghadapi hiruk pikuk perkuliahan. Buat kalian jangan lupain aku ya walau jarang kumpul dan kontak, sehat-sehat selalu dan semoga kita sukses bersama.

10. Teman perkuliahanku (Ayu, Chindy, Merri, Betty, Yorin) terima kasih sudah selalu mendengarkan semua curhatan aku, memberi semangat dan selalu menemani penulis hingga selesai. Kepada Ayu, terima kasih yu sudah menemani penulis dari awal maba dan sudah mengenalkan penulis dengan MDAP yang membuat penulis bahagia hingga sekarang, rasanya baru kemarin kita kenalan saat pkkmb online saling komen pamplet di instagram terus saling titip absen elearning dan zoom online dan saling titip kursi saat kelas offline, apalah jadinya masa perkuliahan penulis kalau tidak sempat berkenalan sama kamu anak pertama yang sangat kuat tapi casenya seperti anak bontot yang sangat baby face, semangat terus ayu ditunggu kabar baiknya. Kepada Chindy, teman satu kosan terima kasih sudah selalu sabar menghadapi mood penulis, mungkin kalau kita ga satu kosan aku bakal bingung mau keluar cari makan sama siapa dan gatau mau main ke kamar siapa untuk nonton TV, tetap jadi orang baik ya cin. Kepada Merri, terima kasih yuk sudah mau selalu aku repotkan, sudah selalu ada bareng aku, kamu salah satu orang baik yang beruntungnya aku temukan di dunia perkuliahan, tetap menjadi anak tuhan yang baik ya yuk. Kepada Betty, terima kasih betty sudah selalu memberi semangat dan masukan, sudah selalu mendengarkan keluh kesah penulis dan akhirnya aku selesai juga bet. Kepada Yorin, terima kasih sudah selalu ada dengan penulis dan telah menjadi teman maba penulis tapi tiba tiba izin pergi tes dan akhirnya memilih tidak melanjutkan perkuliahan dan menjadi bu polwan.
11. Pendengar dan motivator yang baik serta kakak asuhku selama di perkuliahan (Kak Jeni, Kak Yati dan Kak Caca) terima kasih sudah memberi masukan dan semangat kepada lismi, terima kasih sudah membantu dan mendengarkan semua curhatan dan cerita lismi. Sukses selalu kak dan semangat di dunia pekerjaannya.
12. Para adik asuhku yang baik (Vira dan Putri) terima kasih sudah mau mendukung dan mendoakan yang terbaik untuk kakak, semoga perkuliahan kalian lancar dan dalam penelitian tugas akhir serta penyusunan skripsi hingga ke pemberkasan kalian diberikan kemudahan, kalo ada apa apa jangan sungkan untuk cerita ke aku ya dek.

13. Untuk Salsa dan mba Mega, terima kasih sudah selalu saling menyemangati, terima kasih sudah hadir dan mengisi waktu akhir perkuliahan dengan hal yang bermanfaat dipenghujung perkuliahan ini, kalo ga tiba tiba jadi pencinta alam ya jadi atlit tapi walau kita atlit dadakan *at least* kita bisa dapet medali. Semangat terus salsa kalo udah waktunya semua pasti selesai, buat mba mega semoga cepat menyebar undangan.
14. Semua pihak tertentu yang telah membantu dan memberikan informasi baik secara langsung maupun tidak sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi dengan baik.

Semoga nasihat, pengetahuan, bantuan, dan saran yang diberikan kepada penulis mendapat pahala yang setimpal dari Allah SWT. Penulis dengan rendah hati menyadari bahwa skripsi ini memiliki banyak kekurangan, serta mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang telah berkontribusi. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua orang dan bermanfaat untuk pengembangan kimia di masa depan.

Indralaya, 19 September 2024

Penulis

SUMMARY
**CONVERSION OF WASTE COOKING OIL INTO BIODIESEL
THROUGH ESTERIFICATION AND TRANSESTERIFICATION
REACTION BY ELECTROLYSIS METHOD USING GRAPHITE
ELECTRODE**

Lismiani: Supervised by Dr. Addy Rachmat, M.Si dan Prof. Hermansya, M.Si, Ph.D

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

xviii + 70 pages, 9 tables, 17 figures, 4 attachments

Vegetable oil conversion can be done by the electrolysis method as an alternative method. The purpose of converting waste cooking oil by the electrolysis method to produce biodiesel is to evaluate the effect of current strength and reaction time. Waste cooking oil sample contains free fatty acid (FFA) value of 0.379%. The esterification reaction was carried out as a preliminary process before carrying out the transesterification reaction. The results of esterification reaction shows a color difference that was getting thicker in line with the length of the reaction time. Biodiesel from the transesterification reaction was characterized using a GC-MS instrument. The results showed that the optimum biodiesel was formed in the electrolysis reaction for 2 hours with a current strength of 30 A. The amount of biodiesel from the optimal electrolysis method is 86.8%. The transesterification reaction with the electrolysis method for 2 hours with a current strength of 40 A produces no biodiesel. The biodiesel produced was also tested for parameters such as density, acid number, and calorific value. The density of the biodiesel produced ranged from 855 to 882 kg/m³ in accordance with SNI 04-47182-2006. The acid number of biodiesel obtained ranged from 0.54-0.55 mg KOH/g in accordance with SNI 7182:2012. The calorific value of biodiesel obtained ranged from 36246-74275 J/g.

Keyword : Biodiesel, FFA, Electrolysis, Esterification, Transesterification, Density

Citation : 95 (1999-2024)

RINGKASAN

KONVERSI MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL MELALUI REAKSI ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI DENGAN METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ELEKTRODA GRAFIT

Lismiani: Dibimbing oleh Dr. Addy Rachmat, M.Si dan Prof. Hermansya, M.Si, Ph.D

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xviii + 70 halaman, 9 tabel, 17 gambar, 4 lampiran

Konversi minyak nabati dapat dilakukan dengan metode elektrolisis sebagai metode alternatif. Tujuan konversi minyak bekas dengan metode elektrolisis untuk memproduksi biodiesel dengan memperhatikan kuat arus dan waktu reaksi. Sampel minyak bekas yang digunakan memiliki nilai asam lemak bebas (ALB) sebesar 0,379%. Reaksi esterifikasi dilakukan sebagai pretreatment sebelum melakukan reaksi transesterifikasi. Hasil lapisan atas reaksi esterifikasi dengan metode elektrolisis mengalami perbedaan warna yang semakin pekat sejalan dengan lamanya waktu reaksi. Biodiesel dari reaksi transesterifikasi dikarakterisasi menggunakan instrumen GC-MS. Hasil penelitian menunjukkan biodiesel yang paling optimum terbentuk terjadi pada reaksi elektrolisis selama 2 jam dengan kuat arus 30 A. Jumlah biodiesel dari metode elektrolisis yang paling optimal memiliki yield 86,8% sebanyak 39,22 gram. Reaksi transesterifikasi dengan metode elektrolisis selama 2 jam dengan kuat arus 40 A tidak menghasilkan biodiesel. Biodiesel yang dihasilkan juga dilakukan uji parameter seperti densitas, bilangan asam dan nilai kalor. Densitas biodiesel yang dihasilkan berkisar 855-882 Kg/m³ sesuai dengan SNI 04-47182-2006. Bilangan asam biodiesel yang didapat berkisar 0,54-0,55 mg KOH/g sesuai dengan SNI 7182:2012. Nilai kalor biodiesel yang diperoleh metode elektrolisis berada pada rentang 36246-74275 J/g.

Kata Kunci : Biodiesel, ALB, Elektrolisis, Esterifikasi, Transesterifikasi, Densitas

Sitasi : 95 (1999-2024)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	xi
RINGKASAN	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Biodiesel.....	6
2.2 Minyak Jelantah	7
2.3 Metode Produksi Biodiesel	8
2.4 Reaksi Esterifikasi.....	9
2.5 Reaksi Transesterifikasi	10
2.6 Asam Lemak Bebas.....	11
2.7 Trigliserida dan Gliserol	12
2.8 Penentuan Asam Lemak Bebas	12
2.9 Elektrolisis	13
2.10 Elektroda Grafit.....	14
2.11 Analisis Menggunakan Metode <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS)</i>	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat	16

3.2	Alat dan Bahan.....	16
3.2.1	Alat.....	16
3.2.2	Bahan	16
3.3	Prosedur Penelitian.....	16
3.3.1	Preparasi Sampel Minyak Jelantah	16
3.3.2	Analisa Kandungan Asam Lemak Bebas.....	17
3.3.3	Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi Melalui Proses Pemanasan Refluks	17
3.3.3.1	Reaksi Esterifikasi dengan Pemanasan Refluks	17
3.3.3.2	Reaksi Transesterifikasi dengan Pemanasan Refluks	17
3.3.4	Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi dengan Metode Elektrolisis	18
3.3.4.1	Reaksi Esterifikasi dengan Metode Elektrolisis	18
3.3.4.2	Reaksi Transesterifikasi dengan Metode Elektrolisis	18
3.3.5	Karakterisasi Biodiesel	19
3.3.5.1	Analisis GC-MS Biodiesel.....	19
3.3.6	Parameter Uji Biodiesel	19
3.3.6.1	Massa Jenis Pada Suhu 40°C	19
3.3.6.2	Bilangan Asam.....	20
3.3.6.4	Nilai Kalor	20
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1	Persiapan Sampel Minyak Bekas Pakai	21
4.2	Analisa Nilai Kandungan Asam Lemak Bebas (ALB) Sampel Minyak Bekas Pakai	21
4.3	Hasil dari Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi Melalui Proses Pemanasan dan Refluks.....	22
4.3.1	Reaksi Esterifikasi dengan Pemanasan Refluks	22
4.3.2	Reaksi Transesterifikasi dengan Pemanasan Refluks	24
4.4	Hasil dari Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi dengan Metode Elektrolisis	26
4.4.1	Reaksi Esterifikasi Menggunakan Metode Elektrolisis dengan Variasi Waktu dan Kuat Arus (Ampere).....	26
4.4.2	Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Metode Elektrolisis dengan Variasi Waktu dan Kuat Arus.....	29
4.5	Yield (%) Biodiesel.....	33

4.6 Parameter Uji	34
4.6.1 Masa Jenis	34
4.6.2 Bilangan Asam.....	34
4.6.3 Nilai Kalor	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat teknis biodiesel	6
Tabel 2. Karakteristik biodiesel menurut SNI 04-47182-2006	7
Tabel 3. Karakteristik Fisika dan Kimia Minyak Jelantah	8
Tabel 4. Metil ester yang terbentuk dari reaksi esterifikasi metode elektrolisis ..	27
Tabel 5. Biodiesel dari reaksi transesterifikasi metode elektrolisis	31
Tabel 6. % Yield biodiesel reaksi transesterifikasi refluks dan elektrolisis	33
Tabel 7. Nilai densitas biodiesel hasil reaksi transesterifikasi	34
Tabel 8. Nilai bilangan asam biodiesel reaksi transesterifikasi.....	35
Tabel 9. Nilai kalor biodiesel reaksi transesterifikasi	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Reaksi sintesis ester	10
Gambar 2. Reaksi transesterifikasi	10
Gambar 3. Rangkaian alat sel elektrolisis	18
Gambar 4. Sampel minyak hasil filtrasi	21
Gambar 5. Titrasi kandungan asam lemak bebas sampel.....	22
Gambar 6. Pemisahan fasa hasil reaksi esterifikasi pemanasan refluks	23
Gambar 7. Kromatogram hasil esterifikasi pemanasan refluks	24
Gambar 8. Pemisahan fasa hasil reaksi transesterifikasi pemanasan refluks	25
Gambar 9. Kromatogram hasil transesterifikasi pemanasan refluks	25
Gambar 10. Reaksi esterifikasi dengan metode elektrolisis	26
Gambar 11. Sampel metil ester reaksi esterifikasi	27
Gambar 12. Kromatogram metil ester reaksi esterifikasi metode elektrolisis....	29
Gambar 13. Reaksi transesterifikasi dengan metode elektrolisis	30
Gambar 14. Pemurnian hasil transesterifikasi metode elektrolisis.....	30
Gambar 15. Reaksi transesterifikasi metode elektrolisis 2 jam 40 A.....	31
Gambar 16. Nilai pH biodiesel hasil reaksi transesterifikasi.....	32
Gambar 17. Kromatogram hasil reaksi transesterifikasi metode elektrolisis	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Penelitian	47
Lampiran 2. Data Hasil GC-MS.....	53
Lampiran 3. Perhitungan	64
Lampiran 4. Gambar	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia saat ini sedang menghadapi krisis energi akibat kelangkaan bahan bakar (solar) (Prabowo, 2013). Sumber energi fosil yang sering digunakan seperti minyak bumi, gas alam dan batubara memerlukan ratusan juta tahun untuk kembali terbentuk (Tan *et al.*, 2015). Minyak bumi masih menjadi salah satu sumber energi utama yang mendorong aktivitas kehidupan manusia. Penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan emisi karbon dioksida (CO₂) yang besar dan efek gas rumah kaca. Faktor pemicu pemanasan global salah satunya adalah sumbangan emisi karbon akibat deforestasi yang hampir 20% (Masykur, 2013). Kekhawatiran akan pemanasan global memicu upaya untuk mengurangi konsentrasi CO₂ di atmosfer (Leung *et al.*, 2014). Energi alternatif yang saat ini telah dikembangkan berupa biodiesel sebagai hasil reaksi esterifikasi dan transesterifikasi minyak nabati menjadi metil ester (Sundaryono, 2010). Biodiesel 100% yang digunakan pada mesin diesel dapat mengurangi emisi gas CO₂ sebanyak 75% dibandingkan solar. Emisi karbon yang berasal dari bahan bakar hasil konversi minyak nabati bersifat *carbon neutral* sehingga tidak menambah emisi karbon yang memicu pemanasan global (Masykur, 2013).

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang termasuk energi terbarukan dan ramah lingkungan (Maneerung *et al.*, 2016). Berdasarkan penelitian (Djamin & S.Wirawan, 2016) mesin yang menggunakan bahan bakar biodiesel menghasilkan sedikit emisi NO_x yang disebabkan karena campuran biodiesel memiliki kemampuan lebih cepat pada proses pembakaran. Biodiesel termasuk bahan bakar minyak yang cepat dipulihkan karena bahan baku biodiesel berupa minyak nabati dan lemak hewani yang berasal dari tumbuhan dan hewan (Kuncahyo dkk., 2013). Biodiesel merupakan monoalkil ester dari lemak hewani atau minyak nabati (Budiman dkk., 2018). Produksi biodiesel menggunakan minyak nabati sebagai bahan baku lipid diantaranya minyak lobak, minyak kedelai, dan minyak kelapa sawit (Issariyakul & Dalai, 2014). Sifat fisik dan kimia seperti

kualitas pelumas yang tinggi dan kandungan belerang yang rendah yang dimiliki biodiesel lebih baik dibandingkan minyak bumi (Cai *et al.*, 2015).

Produksi biodiesel dengan bahan baku minyak nabati memiliki keterbatasan karena bisa berakibat kompetisi dengan bahan pangan (*edible oils*). Minyak jelantah disisi lain belum dimanfaatkan secara optimal dan cenderung menjadi limbah yang mencemari lingkungan (Prasetyo, 2018). Produksi biodiesel menggunakan limbah minyak nabati melibatkan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Senyawa *free fatty acid* (FFA) dan senyawa triasil-glisierida (TGA) berreaksi dengan alkohol akan menghasilkan biodiesel dengan produk samping berupa air dan gliserol serta kedua reaksi bersifat *reversible* (Cantu *et al.*, 2019). Minyak jelantah atau *waste cooking oil* (WCO) dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dapat menanggulangi limbah dari penggunaan minyak nabati dan juga menurunkan biaya produksi biodiesel (Abdollahi Asl *et al.*, 2020).

Penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku untuk produksi biodiesel dianggap menjadi solusi yang lebih ekonomis dan berkelanjutan, serta secara karakteristik mengandung triglisierida dan juga asam lemak bebas (Prasetyo, 2018). Biodiesel yang biasanya disintesis dari minyak nabati dan lemak hewani terdiri dari *fatty acid methyl esters* melalui reaksi kimia yang disebut transesterifikasi (Kansedo & Lee, 2012). Reaksi esterifikasi mengalami kesetimbangan antara FFA dengan alkohol yang akan *ester* dan juga air (Mendonça *et al.*, 2019). Reaksi esterifikasi dilakukan sebagai pretreatment sebelum dilakukan reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi minyak dengan metanol terjadi pada fase metanol dan merupakan sistem reaksi dua fase. Minyak jelantah yang mengandung asam lemak bebas (FFA) dan kandungan air yang cukup tinggi memerlukan katalis asam untuk menghindari reaksi sampingan seperti saponifikasi yang dapat menyebabkan pemisahan produk dan hasil FAME yang rendah (Lu & Love, 2005) dan (Zong *et al.*, 2007).

Reaksi esterifikasi merupakan reaksi alkoholisis dan alkohol yang sering digunakan adalah metanol dan etanol. Metanol sebagai alkohol rantai pendek, mudah larut saat bereaksi dan memberikan laju reaksi yang lebih tinggi (Mendonça *et al.*, 2019). Efek negatif dari pembentukan air sebagai produk sampingan reaksi esterifikasi karena berkemungkinan terjadinya reaksi saponifikasi (penyabunan).

Reaksi saponifikasi terjadi salah satunya karena kandungan asam lemak bebas (FFA) yang tinggi (Moradi *et al.*, 2021). Beberapa publikasi telah melaporkan konversi limbah minyak nabati menjadi biodiesel dengan katalis seperti: Mg-Al- CO_3 *hydrotalcite*, $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, $\text{La}_2\text{O}_3/\text{Na-Y-800}$ (Yusuf *et al.*, 2023). Produksi biodiesel dengan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dengan proses kondensasi memerlukan katalis bersifat asam dan basa Bronsted agar reaksi akan berjalan lebih cepat (Suleman *et al.*, 2019). Kelemahan dari proses ini adalah mahal biaya pembuatan dan pembelian katalis padat. Metode alternatif reaksi pembuatan biodiesel adalah dengan proses elektrolisis (Moradi *et al.*, 2021). Keuntungan dari produksi biodiesel menggunakan metode elektrolisis ialah produksi ion metoksida yang cepat dan kontinyu (Guan & Kusakabe, 2009). Metode elektrokimia menjadi alternatif untuk mengurangi kemungkinan reaksi saponifikasi FFA dengan penambahan katalis basa. Tahap pertama penurunan kandungan FFA melalui reaksi esterifikasi dengan katalis asam yang digunakan berupa H_2SO_4 dan selanjutnya tahapan kedua transesterifikasi (Moradi *et al.*, 2021). Reaksi transesterifikasi suatu minyak menjadi biodiesel sering kali dikatalisis dengan katalis basa homogen dan katalis basa heterogen, katalis basa homogen yang paling banyak digunakan ialah KOH, NaOH dan alkoksidanya (Mićić *et al.*, 2013) dan (Vicente *et al.*, 2004).

Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dapat berlangsung secara bersamaan dalam sel elektrolisis dimana akan terjadi pembentukan ion OH^- dan H^+ . Campuran antara minyak jelantah dan katalis NaOH akan membentuk endapan pada bagian bawah berupa gliserol dan yang mengapung dipermukaan adalah metil ester (biodiesel) (Prasetyo, 2018). Modifikasi produksi biodiesel dengan metode elektrolisis dengan penambahan aseton untuk meningkat ketercampuran minyak dengan metanol dan penambahan NaCl untuk meningkatkan konduktivitas ((Moradi *et al.*, 2021). Penelitian ini akan menggunakan metode elektrolisis dimana keuntungan metode ini diantaranya biodiesel yang dihasilkan memproduksi lebih sedikit air limbah. Elektrolisis sebagai metode pengganti untuk mengurangi biaya produksi biodiesel, sehingga dibutuhkan elektroda yang sesuai untuk menggunakan metode ini (Abdollahi Asl *et al.*, 2020). Elektroda grafit digunakan pada penelitian ini karena bersifat *inert* serta harganya lebih terjangkau dibandingkan dengan logam mulia. Menurut Abdollahi Asl *et al.*, (2020) sebaiknya elektroda yang

digunakan ialah elektroda grafit dibandingkan elektroda platinum, dikarenakan elektroda platinum menyebabkan diskontinuitas arus dan menciptakan fluktuasi suhu selama waktu reaksi. Pengaruh arus listrik elektrolisis, rasio molar metanol/minyak, kadar air, konsentrasi H_2SO_4 dan NaOH perlu diperhatikan (Abdollahi Asl *et al.*, 2020). Keuntungan biodiesel yang dihasilkan nantinya bermanfaat dalam hal biodegradasi dan pengurangan emisi gas buangan serta biodiesel juga mempunyai keseimbangan energi positif (Knothe & Steidley, 2009).

Pada penelitian ini digunakan minyak jelantah sebagai bahan baku produksi biodiesel melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Reaksi tersebut dibantu dengan penambahan katalis asam sulfat (H_2SO_4) dan kalium hidroksida (KOH) dengan metode refluks dan elektrolisis. Metode yang akan digunakan metode elektrolisis dan elektroda yang digunakan berupa elektroda grafit. Penambahan aseton dan natrium klorida (NaCl) serta variasi kuat arus (ampere) yang digunakan dan lamanya waktu reaksi menjadi pengaruh terhadap produksi biodiesel.

1.2 Rumusan Masalah

Upaya pemenuhan kebutuhan energi memerlukan adanya energi alternatif yang berasal dari sumber terbarukan yang berasal dari minyak tumbuhan dengan tidak mengganggu ketersediaan minyak nabati sebagai bahan pangan. Minyak jelantah memiliki potensi sebagai bahan baku yang murah namun proses esterifikasinya memerlukan katalis yang berbiaya tinggi. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk proses pembuatan biodiesel dengan metode elektrolisis. Hasil biodiesel perlu dibandingkan dengan menggunakan metode refluks. Perlu diteliti lebih lanjut variabel yang berpengaruh dalam esterifikasi dan transesterifikasi minyak jelantah melalui metode elektrolisis meliputi: kuat arus dan waktu reaksi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini diantaranya:

1. Konversi minyak jelantah menjadi biodiesel melalui proses elektrolisis.
2. Menentukan kondisi optimum elektrolisis minyak jelantah yang meliputi: kuat arus dan lamanya proses reaksi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadikan alternatif bahan bakar ramah lingkungan. Tersedianya energi alternatif ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi yang cadangannya semakin menipis dan tidak ramah lingkungan. Produksi biodiesel dengan menggunakan metode elektrolisis dapat mengurangi biaya produksi dan pembentukan ion metoksida yang cepat dan kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi A, M., Tahvildari, K., & Bigdeli, T. 2020. *Eco-friendly synthesis of biodiesel from WCO by using electrolysis technique with graphite electrodes. Fuel. Vol.270(117582): 1 - 10.*
- Adhani, L., Aziz, I., Nurbayti, S., & Octavia, C. A. 2016. Pembuatan Biodiesel dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Kimia VALENSI. Vol.2(1): 71–80.*
- Alfid Revtan Effriandi, Siti Zahra, & Baikuni Eris Prianda. 2019. Studi stabilitas warna biodiesel dan campuran biodiesel - minyak solar (B20) selama penyimpanan. *Jurnal Teknik Kimia. Vol.25(3): 60–69.*
- Akkarawatkhoosith, N., Srichai, A., Kaaewchada, A., Ngamcharussrivichai, C., Jaree, A. 2019. *Evaluation on safety and energy requirement of biodiesel production: Conventional system and microreactors. Process Safety and Environmental Protection. Vol.132: 294-302.*
- Arfah, M., Mappiratu, M., & Razak, A. R. 2015. Optimasi Reaksi Esterifikasi Asam Laurat dengan Metanol Menggunakan Katalis Asam Sulfat Peekat (OptimizationLauric Acid Esterification Reaction with Methanol Using Concentrate Sulfuric Acid Catalysts). *Online Jurnal of Natural Science. Vol.4(1): 46–55.*
- Artadi, A., Sudaryo, S., & Aryadi, A. 2007. Penggunaan Grafit Batu Baterai Sebagai Alternatif Elektroda Spektrografi Emisi. *Jurnal Forum Nuklir. Vol.1(2): 105.*
- Aziz, I. 2007. Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Kimia Valensi. Vol.1(1): 19–23.*
- Aziz, I., Nurbayti, S., & Rahman, A. 2012. Penggunaan Zeolit Alam sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Kimia VALENSI. Vol.2(4): 511–515.*
- Cai, Z. Z., Wang, Y., Teng, Y. L., Chong, K. M., Wang, J. W., Zhang, J. W., & Yang, D. P. 2015. *A Two-Step Biodiesel Production Process From Waste Cooking Oil Via Recycling Crude Glycerol Esterification Catalyzed By Alkali Catalyst. Fuel Processing Technology. Vol.137: 186–193.*
- Candraningrat, I. D. A. A., Santika, A. A. G. J., Dharmayanti, I. A. M. S., & Prayascita, P. W. 2021. Review Kemampuan Metode GC-MS Dalam Identifikasi Flunitrazepam Terkait Dengan Aspek Forensik Dan Klinik. *Jurnal Kimia. Vol 15(1): 1-12.*
- Carlini, M., Castellucci, S., & Cocchi, S. 2014. *A Pilot-Scale Study Of Waste Vegetable Oil Transesterification With Alkaline And Acidic Catalysts. Energy Procedia. Vol.45: 198–206.*
- Chatterjee, P., Fernando, M., Fernando, B., Dias, C. B., Shah, T., Silva, R., Williams, S., Pedrini, S., Hillebrandt, H., Goozee, K., Barin, E., Sohrabi, H. R., Garg, M., Cunnane, S., & Martins, R. N. 2020. *Potential of coconut oil and medium chain triglycerides in the prevention and treatment of*

- Alzheimer's disease. Mechanisms of Ageing and Development.* Vol.186(2019): 111209.
- Checa, M., Nogales-Delgado, S., Montes, V., & Encinar, J. M. 2020. *Recent advances in glycerol catalytic valorization: A review. Catalysts.* Vol.10(11): 1–41.
- Chhetri, A. B., Watts, K. C., & Islam, M. R. 2008. *Waste cooking oil as an alternate feedstock for biodiesel production. Energies.* Vol.1(1): 3–18.
- Darmanto, S., & Sigit, I. 2006. Analisa Biodiesel Minyak Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Minyak Diesel. *64 Traksi.* Vol.4(2): 31.
- Darmawan, F. I. 2013. Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Pencucian *Dry-Wash* Sistem. *Jurnal Teknik Mesin Unesa.* Vol.01(01), 80–87.
- Darnoko, D., & Cheryan, M. 2000. *Continuous production of palm methyl esters. JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society.* Vol.77(12): 1269–1272.
- Day, R.A & Underwood, A.L. 1999. *Kimia Analisis Kuantitatif.* Jakarta: Erlangga.
- Demirbas, A. 2008. *Biodiesel A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines.* London: Springer.
- Demirbas, A. 2008. *Comparison Of Transesterification Methods For Production Of Biodiesel From Vegetable Oils And Fats. Energy Conversion and Management.* Vol.49(1): 125–130.
- Dewi, R., & Hasfita, F. 2017. Pemanfaatan Limbah Kulit Jengkol (*Pithecellobium Jiringa*) Menjadi Bioarang Dengan Menggunakan Perakampuran Getah Sukun Dan Tepung Tapioka. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal.* Vol.5(1): 105.
- Djamin, M., & S. Wirawan, S. 2016. Pengaruh Komposisi Biodiesel Terhadap Kinerja Mesin Dan Emisi Gas Buang. *Jurnal Teknologi Lingkungan.* Vol.11(3): 381.
- Fadillah, U. F., Hambali, E., & Muslich, M. 2020. Identifikasi Senyawa Aktif Ekstrak Daun Pulutan (*Urena lobata L*) dengan GC-MS. *Jurnal Sains Dan Kesehatan.* Vol.2(3): 217–221.
- Ganesh, U. P., M, S. S., & Akash Sudhakar, W. 2008. *Production of Biodiesel from Used Kitchen Oil Using Hydrodynamic Cavitation. International Research Journal of Engineering and Technology.* Vol.5(10): 951–958.
- Gaurav, A., Dumas, S., Mai, C. T. Q., & Ng, F. T. T. 2019. *A Kinetic Model for A Single Step Biodiesel Production From A High Free Fatty Acid (FFA) Biodiesel Feedstock Over A Solid Heteropolyacid Catalyst. Green Energy and Environment.* Vol.4(3): 328–341.
- Guan, G., & Kusakabe, K. 2009. *Synthesis Of Biodiesel Fuel Using an Electrolysis Method. Chemical Engineering Journal.* Vol.153(1–3): 159–163.

- Hadrah, H., Kasman, M., & Sari, F. M. 2018. Analisis Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi. *Jurnal Daur Lingkungan*. Vol.1(1): 16.
- Hanafie, A., Haslinah, A., Qalaman, Q., & Made, A. 2019. Permodelan Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *ILTEK : Jurnal Teknologi*. Vol 12(02): 1775–1779.
- Harahap, M. R. 2016. Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. *CIRCUIT. Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*. Vol.2(1): 177–180.
- Hotmian, E., Suoth, E., Fatimawali, F., & Tallei, T. 2021. Analisis Gc-Ms (*Gas Chromatography - Mass Spectrometry*) Ekstrak Metanol Dari Umbi Rumput Teki (*Cyperus Rotundus L.*). *Pharmacon*. Vol.10(2): 849.
- Idris, M., Hermanto, T., Syah, R., Husein, M., & Sitinjak, S. 2024. Pembuatan Biodiesel Dari Limbah Minyak Goreng: Studi Perbandingan Berbagai Waktu Reaksi. *Sinergi Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. Vol.5(1): 64–71.
- Ilham, B. M., & Fadhilah. 2021. Pengaruh Tegangan Listrik Dan Konsentrasi Larutan Elektrolit Pada Proses Pemurnian Timah (Sn) Berdasarkan Metoda Electrolytic Refining di Unit Metalurgi PT. Timah Tbk, Mentok, Bangka Barat, Bangka Belitung. *Jurnal Bina Tambang*. Vol.6(2): 198–207.
- Irawan, C., Tiara, Nur, A., & Sherly, Uthami, w, p, H. 2013. Pengurangan Kadar Asam Lemak Bebas (Free Fatty Acid) dan Warna dari Minyak Goreng Bekas Dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Campuran. *Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat*. Vol.2(2): 29–33.
- Issariyakul, T., & Dalai, A. K. 2014. *Biodiesel From Vegetable Oils. Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol.31: 446–471.
- Juera-Ong, P., Pongraktham, K., Oo, Y. M., & Somnuk, K. 2022. *Reduction in Free Fatty Acid Concentration in Sludge Palm Oil Using Heterogeneous and Homogeneous Catalysis: Process Optimization, and Reusable Heterogeneous Catalysts. Catalysts*. Vol.12(1007): 1-21.
- Kansedo, J., & Lee, K. T. 2012. *Transesterification Of Palm Oil And Crude Sea Mango (Cerbera Odollam) Oil: The Active Role Of Simplified Sulfated Zirconia Catalyst. Biomass and Bioenergy*. Vol.40: 96–104.
- Kartika, D., & Widyaningsih, S. 2013. 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(3): 219.
- Kawentar, W. A., & Budiman, A. 2013. *Synthesis Of Biodiesel From Second-Used Cooking Oil. Energy Procedia*. Vol.32: 190–199.
- Khan, Z., Javed, F., Shamair, Z., Hafeez, A., Fazal, T., Aslam, A., Zimmerman, W. B., & Rehman, F. 2021. *Current Developments In Esterification Reaction:*

- A Review On Process And Parameters. Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. Vol.103(8): 80–101.
- Knothe, G., & Steidley, K. R. 2009. *A Comparison Of Used Cooking Oils: A Very Heterogeneous Feedstock For Biodiesel. Bioresource Technology*. Vol.100(23): 5796–5801.
- Kumar, L. R., Yellapu, S. K., Tyagi, R. D., & Zhang, X. 2019. *A Review On Variation In Crude Glycerol Composition, Bio-Valorization Of Crude And Purified Glycerol As Carbon Source For Lipid Production. Bioresource Technology*, Vol.293: 122155.
- Kurniawan, E., & Perdana, F. 2022. Proses Transesterifikasi Limbah Minyak Goreng Bekas Menggunakan Katalis Cao Dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*. Vol.7(1): 9.
- Kwangdinata, R., Raya, I., & Zakir, M. 2010. Produksi Biodiesel dari Lipid Fitoplankton *Nannochloropsis* sp. *Produksi Biodiesel dari Lipid. Marina Chimica Acta*. Vol.1(2): 28–36.
- Leung, D. Y. C., Caramanna, G., & Maroto-Valer, M. M. 2014. *An Overview Of Current Status Of Carbon Dioxide Capture And Storage Technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol.39:426–443.
- Louise, I. S. Y. 2009. Variasi Temperatur dan Waktu pada Elektrolisis Larutan Garam Dapur Berbagai Merk. *Seminar Nasional Kimia*.
- Lu, E. T., & Love, S. G. 2005. *Gravitational Tractor For Towing Asteroids. Nature*. Vol.438(7065): 177–178.
- Ma'rifah, Jamaluddin, Yuyun, Y., & Widodo, A. 2018. Ampas Tahu Sebagai Adsorben Minyak Jelantah [*Effect of the Addition of Activator in the Production of Activated Carbon of Soybean Curd Residue as Used Cooking Oil Adsorbent*] bilangan peroksida dari 30 meq O₂ / kg menjadi 2 meq O₂ / kg (Barau , 2014). *Jurnal Riset Kimia*. Vol.4(1): 88–97.
- Mahargiani, T. dan Subawa, I. K. 2010. Pembuatan Minyak Kelapa dari Santandengan Cara elektrolisis. *Jurnal Eksergi*. 10(1): 49-54.
- Mahlia, T. M. I., Syazmi, Z. A. H. S., Mofijur, M., Abas, A. E. P., Bilad, M. R., Ong, H. C., & Silitonga, A. S. 2020. *Patent Landscape Review On Biodiesel Production: Technology Updates. Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol.118(2019): 109526.
- Majid, A. A., Prasetyo, D., & Danarto, Y. C. 2012. Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan iradiasi gelombang mikro. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*. Hal: 15–21.
- Maneerung, T., Kawi, S., Dai, Y., & Wang, C. H. 2016. *Sustainable biodiesel production via transesterification of waste cooking oil by using CaO catalysts prepared from chicken manure. Energy Conversion and Management*. Vol.123: 487–497.

- Masyithah, C., Aritonag, B., & Gultom, E. 2018. Pembuatan Arang Aktif Dari Limbah Kulit Durian Sebagai Adsorben Pada Minyak Goreng Bekas Untuk Menurunkan Kadar Asam Lemak Bebas Dan Bilangan Peroksida. *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan*. Vol.2(2): 66–75.
- Masykur. 2013. Pengembangan Industri Kelapa Sawit Sebagai Penghasil Energi Bahan Alternatif dan Mengurangi Pemanasan Global. *Jurnal Reformasi*. Vol.3: 96–107.
- Megalina, Y. 2015. Pengaruh Pencemaran Udara di Daerah Terminal Amplas Bagi Kehidupan Masyarakat. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. Vol.21(79): 94–101.
- Mendonça, I. M., Paes, O. A. R. L., Maia, P. J. S., Souza, M. P., Almeida, R. A., Silva, C. C., Duvoisin, S., & de Freitas, F. A. 2019. *New heterogeneous catalyst for biodiesel production from waste tucumã peels (Astrocaryum aculeatum Meyer): Parameters optimization study*. *Renewable Energy*. Vol.130: 103–110.
- Mičić, R. D., Tomić, M. D., Simikić, M. D., & Zarubica, A. R. 2013. *Dobijanje Biodizela Od Uljane Repice Sorte "Banaćanka Korišćenjem KOH Katalizatora*. *Hemijska Industrija*. Vol.67(4): 629–637.
- Moradi, P., Saidi, M., & Najafabadi, A. T. 2021. *Biodiesel Production Via Esterification Of Oleic Acid As A Representative Of Free Fatty Acid Using Electrolysis Technique As A Novel Approach: Non-Catalytic And Catalytic Conversion*. *Process Safety and Environmental Protection*. Vol.147: 684–692.
- Nantha Gopal, K., Pal, A., Sharma, S., Samanchi, C., Sathyanarayanan, K., & Elango, T. 2014. *Investigation Of Emissions And Combustion Characteristics Of A CI Engine Fueled With Waste Cooking Oil Methyl Ester And Diesel Blends*. *Alexandria Engineering Journal*. Vol.53(2): 281–287.
- Niawanti, H. 2020. Helda Niawanti Review Perkembangan Metode Produksi dan Teknologi Pemurnian dalam Pembuatan Biodiesel Review Perkembangan Metode Produksi Dan Teknologi Pemurnian Dalam Pembuatan Biodiesel Development Of Production Method And Purification Technology In Maki. *Jurnal Chemurgy*. Vol.4(1): 27.
- Nitbani, F. O., Tjitda, P. J. P., Nurohmah, B. A., & Wogo, H. E. 2020. *Preparation Of Fatty Acid And Monoglyceride From Vegetable Oil*. *Journal of Oleo Science*. Vol.69(4): 277–295.
- Padil, P., Wahyuningsih, S., & Awaluddin, A. 2012. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa melalui Reaksi Metanolisis Menggunakan Katalis CaCO₃ yang dipijarkan. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol.13(1): 27.
- Padmaningrum, R. T. 2008. Titrasi Iodometri. *Jurnal Pendidikan Kimia FMIPA UNY*. Vol.1–6.
- Parida Hutapea, H., Sembiring, Y. S., & Ahmadi, P. 2021. Uji Kualitas Minyak

- Goreng Curah yang dijual di Pasar Tradisional Surakarta dengan Penentuan Kadar Air, Bilangan Asam dan Bilangan Peroksida. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*. Vol.3(1): 6–11.
- Patil, P. D., & Deng, S. 2009. *Optimization Of Biodiesel Production From Edible And Non-Edible Vegetable Oils*. *Fuel*. Vo.88(7): 1302–1306.
- Prabowo, N. R. 2013. Pengaruh temperatur biodisel dan solar dex. *Prosiding SNST*. Vol.4(2012): 26–31.
- Prasetyo, J. 2018. Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*. Vol.2(2): 45.
- Pratiwi, N., & Prihatiningtyas, I. 2016. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Perbandingan Proses Esterifikasi dan Esterifikasi-Trans-esterifikasi dalam Pembuatan Biodisel dari Minyak Jelantah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”*. Vol.4(1): 1–7.
- Putra, A. M. 2012. Analisis Produktifitas Gas Hidrogen Dan Gas Oksigen Pada Elektrolisis Larutan Koh. *Jurnal Neutrino*. Vol.2(2): 141–154.
- Qi, Y., & Harris, S. J. 2010. *In Situ Observation of Strains During Lithiation of A Graphite Electrode*. *Journal of The Electrochemical Society*. Vol.157(6): 741.
- Rahayu, M. 2005. Teknologi Proses Produksi Biodiesel. *Prospek Pengembangan Bio-Fuel Sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak*. Hal:17–28.
- Raqeeb, M. A., Bhargavi, R. 2015. *Biodiesel Production from Waste Cooking Oil*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. Vol. 7(12): 670-681.
- Rezania, S., Oryani, B., Park, J., Hashemi, B., Yadav, K. K., Kwon, E. E., Hur, J., & Cho, J. 2019. *Review On Transesterification of Non-Edible Sources For Biodiesel Production With A Focus On Economic Aspects, Fuel Properties And Byproduct Applications*. *Energy Conversion and Management*. Vol.201: 112155.
- Rodrigues, A., Bordado, J. C., & Dos Santos, R. G. 2017. *Upgrading The Glycerol From Biodiesel Production As A Source Of Energy Carriers And Chemicals - A Technological Review For Three Chemical Pathways*. *Energies*. Vol.10(11).
- Sadaf, S. S., Iqbal, J., Ullah, I., Bhatti, H. N., Nouren, S., Rehman, H., Nisar, J., Iqbal, M. 2018. *Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: An Efficient Technique to Convert Waste into Biodiesel*. *Sustainable Cities and Society*. Vol.41: 220-226.
- Sajid, A., Pervaiz, E., Ali, H., Noor, T., & Baig, M. M. 2022. *A Perspective on Development of Fuel Cell Materials: Electrodes and Electrolyte*. *International Journal of Energy Research*. Vol.46(6): 6953–6988.
- Salamah, S. 2014. Kinetika Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Kapuk Pada Pembuatan Biodiesel. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*. Vol.1(1): 11.

- Sanjiwani, N., Suaniti, N., & Rustini, N. 2015. Bilangan Peroksida, Bilangan Asam, Dan Kadar FFA Biodiesel Dengan Penambahan Antioksidan Dari Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* Linn.). *Jurnal Kimia*. Vol.9(2): 259–266.
- Sinaga, S. V., Haryanto, A., & Triyono, S. 2014. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol.3(1): 27–34.
- Suaniti, N., Manurung, M., Utari, N. 2017. Efek Penambahan Antioksidan Ekstrak Metanol Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.) Terhadap Perubahan Kadar Ffa, Bilangan Asam, Dan Bilangan Peroksida Biodiesel. *Jurnal Kimia*. Vol.11(1): 49-55.
- Sudradjat, R., Pawoko, E., Hendra, D., & Setiawan, D. 2010. Pembuatan Biodiesel Dari Biji Kesambi (*Schleichera Oleosa* L.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol.28(4): 358–379.
- Suleman, N., Abas, & Papatungan, M. 2019. Esterifikasi dan Transesterifikasi Stearin Sawit untuk Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Teknik*. Vol.17(1): 66–77.
- Sulistiana, I. T. 2012. Uji Kalor Bakar Bahan Bakar Campuran Bioetanol Dan Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Neutrino*. Vol.3(2): 163–174.
- Sundryono, A. 2010. *Characteristic of Biodiesel and Biodiesel Blending of Oil Losses From Liquid Waste of Oil Palm Factory*. *J. Tek. Ind. Pert.* Vol.2041: 34–40.
- Tan, Y. H., Abdullah, M. O., Nolasco-Hipolito, C., & Taufiq-Yap, Y. H. 2015. *Waste Ostrich- And Chicken-Eggshells As Heterogeneous Base Catalyst For Biodiesel Production From Used Cooking Oil: Catalyst Characterization And Biodiesel Yield Performance*. *Applied Energy*. Vol.160: 58–70.
- Telaoembanoea, F. 2016. Penelitian Kandungan Gas Buang Beracun Pada Mesin Diesel 2500 CC Yang menggunakan Bahan Bakar Solar dan Bahan Bakar Biosolar. *Warta Dharmawangsa*. Vol.50: 1829-7463.
- Vicente, G., Martínez, M., & Aracil, J. 2004. *Integrated Biodiesel Production: A Comparison Of Different Homogeneous Catalysts Systems*. *Bioresource Technology*. Vol.92(3): 297–305.
- Widiarti, N., & Rahayu, E. F. 2016. Sintesis CaO.SeO dan Aplikasinya pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel. *Indonesian Journal of Chemical Science*. Vol.5(1): 19–27.
- Yusrizal, M. L., Afisna, L. P., Kristian, K. P., Setiawan, A., Nurhapipah, & Zahra, S. A. 2022. Uji Eksperimen Karakteristik Minyak Jelantah (Cooking Oil) Pada Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Penalaran Dan Penelitian Mahasiswa*. Vol.6(1): 53–63.
- Winarno, F.G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

- Yusuf, B. O., Oladepo, S. A., & Ganiyu, S. A. 2023. *Biodiesel Production from Waste Cooking Oil via β -Zeolite-Supported Sulfated Metal Oxide Catalyst Systems*. *ACS Omega*. Vol. 8: 23720–23732.
- Zabeti, M., Wan Daud, W. M. A., & Aroua, M. K. 2009. *Activity Of Solid Catalysts For Biodiesel Production: A Review*. *Fuel Processing Technology*. Vol.90(6): 770–777.
- Zalfiatri, Y., Restuhadi, F., & Zulhardi, R. 2019. Karakteristik Biodiesel dari Minyak Jelantah menggunakan Katalis Abu Gosok dengan Variasi Penambahan Metanol. *Chempublish Journal*. Vol. 3(1):1-8.
- Zheng, S., Kates, M., Dubé, M. A., & McLean, D. D. 2006. *Acid-Catalyzed Production Of Biodiesel From Waste Frying Oil*. *Biomass and Bioenergy*. Vol.30(3): 267–272.
- Zhu, L., Nugroho, Y. K., Shakeel, S. R., Li, Z., Martinkauppi, B., & Hiltunen, E. 2017. *Using Microalgae To Produce Liquid Transportation Biodiesel: What Is Next?*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol.78: 391–400.
- Zong, M. H., Duan, Z. Q., Lou, W. Y., Smith, T. J., & Wu, H. 2007. *Preparation of a Sugar Catalyst And Its Use For Highly Efficient Production of Biodiesel*. *Green Chemistry*. Vol.9(5): 434–443.