

**STUDI PENDAHULUAN KONVERSI MINYAK KELAPA
SAWIT (*PALM OIL*) MENJADI *GREEN DIESEL* SEBAGAI
BAHAN BAKAR ALTERNATIF SECARA ELEKTROLISIS
MENGUNAKAN ELEKTRODA GRAFIT-GRAFIT (C-C)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Sains
S.Si., Program Studi Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**



Diajukan oleh :

LIZA RUPITA

No. Mahasiswa : 16612116

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2021

STUDI PENDAHULUAN KONVERSI MINYAK KELAPA SAWIT (*PALM OIL*) MENJADI *GREEN DIESEL* SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF SECARA ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ELEKTRODA Grafit-Grafit (C-C)

SKRIPSI

yang diajukan oleh :

BAB 1 LIZA RUPITA

No. Mahasiswa : 16612116

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi Prodi Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam

Indonesia Yogyakarta, 23 November 2020

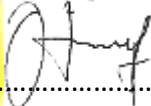
Dewan Penguji

Tanda Tangan

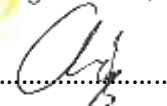
1. Prof. Dr.rer. nat. Ir. AgusTaftazani

.....


2. Wiyogo Prio Wicaksono, M.Si.

.....


3. Argo Khoirul Anas, M.Sc.

.....


4. Mai Anugrahwati, M.Sc.

.....


Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia



BAB 2 Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Liza Rupita

NIM : 16612116

Program studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Denngan ini mneyatakan bahwa skripsi saya dengan judul studi pendahuluan konversi minyak kelapa sawit (*palm oil*) menjadi *green diesel* sebagai bahan bakar alternatif secara elektrolisis menggunakan elektroda grafit-grafit (C-C) bersifat asli dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya kecuali referensi yang disebutkan didalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi penulis lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan didalam skripsi ini. Apabila kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pertanyaan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang bre laku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 23 November 2020

Yang m-



(Liza Rupita)

16612116

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb.

Alhamdulillah hirobbil'alamin penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir/Proposal Skripsi yang berjudul **“STUDI PENDAHULUAN KONVERSI MINYAK KELAPA SAWIT (PALM OIL) MENJADI GREEN DIESEL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF SECARA ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ELEKTRODA GRAFIT-GRAFIT (C-C)”**. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Akhiirul anbiyaa' Nabiyallah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan seluruh pengikutnya hingga akhir zaman.

Tugas akhir/ Proposal Skripsi adalah salah satu mata kuliah wajib bagi mahasiswa semester VII Program Studi S-1 untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si). tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui potensi metode elektrokimia (elektrosintesis/elektroreduksi) untuk mengkonversi komponen minyak nabati trigliserida menjadi suatu senyawa alkana dan Untuk mengetahui kondisi reaksi yang sesuai (jenis elektroda, jenis elektrolit, potensial listrik, dan waktu reaksi) untuk dapat mengkonversi komponen minyak nabati trigliserida menjadi senyawa alkana secara elektrokimia dengan nilai % konversi dan kemurnian tinggi.

Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak dibimbing dan didukung oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengungkapkan rasa terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang senantiasa selalu melimpahkan rahmat serta karunia_Nya.
2. Amak, ayah, rezky dan aqila tercinta yang tiada hentinya memberikan dukungan dan nasihat serta mengirimkan doa disetiap waktunya.
3. Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D. Selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.

4. Prof. Riyanto, M.Sc., Ph.D. Selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
5. Dr. Dwiwarso Rubiyanto, S.Si., M.Si. Selaku Ketua Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
6. Prof. Dr. rer.nat Ir. Agus Taftazani selaku dosen pembimbing pertama dan Wiyogo Prio Wicaksono, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan dan berbagai macam masukan juga telah banyak meluangkan waktu dan juga masukan dalam melakukan penelitian hingga skripsi ini.
7. Keluarga besar penulis yang setia untuk menyemangati dan selalu *support* penulis.
8. Teman-teman JB fams (aya, dila, okty, mekar, apip, tegar, toni, rama, emby, luqman, dan anggit) yang setia menemani belajar dan juga yang sudah banyak membantu penulis hingga terselesaikan skripsi ini.
9. Mella, desi, jannah dan juga teman-teman pada masa sekolah yang selalu memberi *support*, motivasi dan dukungan yang hebat hingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
10. Seluruh teman-teman seangkatan, terutama kelas C angkatan 16 yang selalu mengisi hari demi hari menjadi sangat menyenangkan.
11. Seluruh Bapak/Ibuk dosen jurusan KIMIA yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
12. Seluruh staf dan karyawan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan bantuan kepada penulis.
13. Semua pihak yang sudah membantu dan memberikan informasi baik secara langsung maupun secara tidak langsung dalam pembuatan proposal tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kesalahan yang dilakukan dalam penyusunan laporan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran yang bermanfaat untuk perbaikan laporan ini. Semoga laporan kerja praktik lapangan ini dapat bermanfaat bagi kami semua.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ii
INTISARI.....	1
ABSTRAK	2
BAB 1 PENDAHULUAN	3
1.1 Latar belakang.....	3
1.2 Rumusan masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat penelitian.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Elektrosintesis senyawa kimia dari <i>green diesel</i> ... Error! Bookmark not defined.	
Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menguji konversi minyak nabati menjadi <i>green diesel</i> , yaitu :	7
BAB 3 DASAR TEORI	9
3.1 Minyak Nabati	9
3.2 Green Diesel	13
3.3 Elektrosintesis.....	15
3.4 Elektroda Grafit	16
3.5 Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS)	17
3.6 Reaksi kolbe dan Non-kolbe	18

3.7	Hipotesis	19
BAB 4 METODE PENELITIAN		20
4.1	Alat dan Bahan yang digunakan.....	20
4.1.1	Alat.....	20
4.1.2	Bahan	20
4.2	Prosedur kerja.....	20
4.2.1	Elektrolisis Minyak Kelapa Sawit Menjadi <i>Green Diesel</i>	20
4.2.2	Karakterisasi Produk Elektrolisis menggunakan Gas <i>Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)</i>	21
4.2.3	Optimasi Kondisi Elektrolisis	21
4.2.4	Perhitungan % Konsentrasi dan Komposisi.....	22
BAB V PEMBAHASAN		23
5.1	Karakterisasi Produk <i>Green Diesel</i> menggunakan Gas Chromathogrpny- Mass Spectrometry (GC-MS)	23
5.2	Pengaruh Variasi Elektrolit Terhadap Pembentukan Produk <i>Green Diesel</i> Error! Bookmark not defined.	
5.3	Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Pembentukan Produk <i>Green Diesel</i>	27
5.4	Pengaruh Potensial Listrik Terhadap Produk Elektrolisis <i>Green Diesel</i>	29
BAB VI PENUTUP		31
6.1	Kesimpulan.....	31
6.2	Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA		32
LAMPIRAN.....		35
	Lampiran 1. Perhitungan.....	35
	Lampiran 2. Dokumentasi penelitian	38
	Lampiran 3. MS produk <i>Green Diesel</i>	38

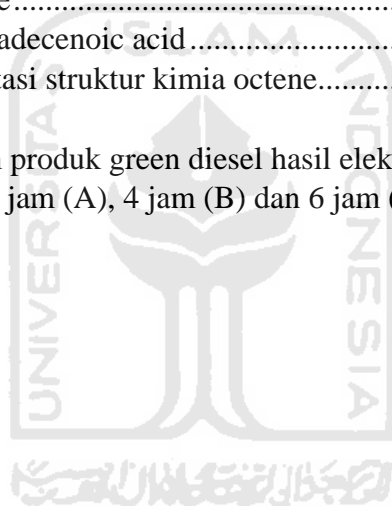
DAFTAR TABEL

Tabel 1 Konversi Minyak Nabati	7
Tabel 2 Komposisi beberapa asam lemak dalam tiga jenis minyak nabati	10
Tabel 3 Syarat Mutu (minyak sawit) untuk Penggorengan	13
Tabel 4 Hasil GC-MS terhadap produk konversi minyak kelapa sawit pada elektrolit natrium hidroksida dan asam fosfat dengan konsentrasi 0.03 M, potensial listrik 3 Volt dalam waktu selama 2 jam	26
Tabel 5 Hasil MS terhadap produk konversi minyak kelapa sawit secara elektrolisis menggunakan elektrolisis asam fosfat 0.03 M dengan pengadukan konvensional (magnetic stirrer).....	28
Tabel 6 Hasil GC-MS terhadap produk konversi minyak kelapa sawit secara elektrolisis asam fosfat 0.03 M pada waktu 2 jam serta variasi potensial listrik 3 volt, 6 volt dan 9 volt	30



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur Kimia Trigliserida	10
Gambar 2 Struktur Grafit.....	17
Gambar 3 Gas Chromathography – Mass Spectrometry (GC-MS).....	18
Gambar 4 Mekanisme reaksi non-kolbe.....	19
Gambar 5 Elektrolis minyak nabati	21
Gambar 6 Rangkaian reaktor elektrolisis	24
Gambar 7 Hasil kromatogram produk hasil elektrolisis minyak kelapa sawit menggunakan elektrolit (A) natrium hidroksida 0,03 M dan (B) asam fosfat 0,03 M pada potensial listrik 3 V selama 2 jam.....	25
Gambar 8 Struktur 2,6,10,14,18,22-tetracosahexaene.....	26
Gambar 9 Struktur Octene.....	26
Gambar 10 struktur 9-octadecenoic acid.....	27
Gambar 11 pola fragmentasi struktur kimia octene.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 12 Kromatogram produk green diesel hasil elektrolisis minyak kelapa sawit pada variasi waktu 2 jam (A), 4 jam (B) dan 6 jam (C)	28



STUDI PENDAHULUAN KONVERSI MINYAK KELAPA SAWIT (*PALM OIL*) MENJADI *GREEN DIESEL* SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF SECARA ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ELEKTRODA Grafit-Grafit (C-C)

LIZA RUPITA

No. Mahasiswa : 16612116

INTISARI

Green diesel merupakan salah satu solusi alternatif untuk mengatasi kebutuhan bahan bakar diesel yang semakin meningkat. *Green diesel* atau biasa dikenal dengan hidrokarbon rantai lurus adalah bahan bakar energi yang baru terbarukan dari biodiesel dan juga menyerupai bahan bakar solar. *Green diesel* adalah bahan bakar yang diolah dari minyak nabati yang diubah menjadi minyak yang setara dengan bahan bakar diesel, hemat biaya dan aman. Proses konversi minyak kelapa sawit menjadi *green diesel* berpotensi dapat dilakukan secara elektrolisis menggunakan elektroda grafit-grafit (C-C). Metode elektrolisis atau elektrosintesis merupakan metode sintesis yang sederhana dengan memberikan tegangan Dc ke reaktan, prosesnya cepat dan tidak memerlukan pemisahan terlebih dahulu serta memiliki efisiensi yang tinggi sehingga diperoleh produk dengan kuantitas maksimal dan tingkat kemurnian yang tinggi. Pada penelitian ini dilakukan studi konversi minyak kelapa sawit (*palm oil*) menjadi *green diesel* dengan metode elektrolisis dengan elektroda grafit (katoda) dan grafit (anoda). Dalam penelitian ini dilakukan beberapa variasi seperti variasi jenis elektrolit, variasi waktu reaksi, dan variasi potensial listrik agar dapat diketahui kondisi reaksi yang optimum untuk memperoleh *green diesel*. Hasil penelitian diperoleh senyawa 2,6,8,10,14,18,22-Tetracosahexaene ($C_{30}H_{50}$) dengan % konversi dan komposisi sebesar 100% yang mendekati dengan *green diesel* dan diperoleh pada kondisi elektrolisis dengan elektrolit asam fosfat 0,03 M, potensial listrik 3 volt selama 2 jam.

Kata kunci : *Minyak kelapa sawit, green diesel, elektrolisis, elektroda grafit-grafit*

**PRELIMINARY STUDY ON THE CONVERSION OF PALM OIL TO
GREEN DIESEL AS ALTERNATIVE FUEL BY ELECTROLYSIS USING
ELECTRODE Graphite-Graphite (C-C)**

LIZA RUPITA

No. Mahasiswa : 16612116

ABSTRACT

Green diesel is an alternative solution to address the increasing demand for diesel fuel. Green diesel or commonly known as straight chain hydrocarbons is a renewable energy fuel from bio diesel and also contains diesel fuel. Green diesel is a fuel that is processed from vegetable oil which is converted into oil which is equivalent to diesel fuel, cost-effective and safe. Then conversion process of palm oil into green diesel can be done electrolysis using a graphite-graphite (C-C) electrode. The electrolysis or electrosynthetic method is a simple synthesis method by applying DC voltage to the reactants, the process is fast and does not require prior separation and has high efficiency a product with maximum quantity and high purity. In this research, a study on the conversion of palm oil to green diesel electrolysis method with graphite (cathode) and graphite (anode) electrodes was carried. In this study, several variations were carried out such as variations in the type of electrolyte, variations in reaction time, and variations in electric potential in order to determine the optimal reaction conditions for obtaining green diesel. The results of the research on compounds 2,6,8,10,14,18,22-Tetracosahexane ($C_{30}H_{50}$) with % conversion and composition of 100 % are available with green diesel and obtained electrolysis conditions with 0,03 M phosphoric acid electrolyte, electric potential 3 volts for 2 hours.

Keywords : palm oil, green diesel, electrolysis, graphite-graphite electrode

BAB 3

PENDAHULUAN

3.1 Latar belakang

Pada tahun 2010 Indonesia memiliki jumlah penduduk Indonesia 237.641.326 jiwa dan pada tahun 2017 mencapai 262 juta jiwa. Hal ini menunjukkan jumlah penduduk Indonesia mengalami peningkatan yang cukup pesat dengan tingkat pertumbuhan 1,49% per tahun (Sunaryanto, 2012). Tingginya pertumbuhan tersebut memberikan dampak yang nyata dalam berbagai bidang kehidupan masyarakat.

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan beragam jenis kebutuhannya mengakibatkan kebutuhan akan energi semakin meningkat. Sementara persediaan energi khususnya energi yang tidak dapat diperbarui semakin berkurang kuantitasnya. Bahan bakar minyak bumi (BBM) adalah salah satu sumber energi utama yang banyak digunakan berbagai negara di dunia pada saat ini. Kebutuhan BBM ini akan selalu meningkat seiring dengan penggunaannya dibidang industri maupun transportasi (Handoyo, 2007).

Berkembangnya industri di Indonesia akan mengakibatkan peningkatan konsumsi bahan bakar. Menurunnya produksi BBM dalam negeri dan meningkatnya kebutuhan BBM menyebabkan ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar. Pada periode tahun 2011-2030 diperkirakan kebutuhan BBM dalam negeri akan meningkat hampir 2 kali lipat dari 327 juta barel pada tahun 2011 menjadi 578 juta barel pada tahun 2030, tetapi tidak demikian dengan produksi BBM. Produksi BBM selama periode tersebut menurun dari 329 juta barel menjadi 124 juta barel yaitu menurun sekitar 62% (Sugiyono dkk. 2013). Dengan begitu untuk mengatasi kelangkaan atau kebutuhan tersebut, pemerintah sangat mendukung dengan adanya produksi BBM dari energi baru terbarukan (EBT).

Bahan bakar EBT yang sudah banyak dikembangkan berupa produk biodiesel dari minyak kelapa sawit. Namun, biodiesel hanya dapat digunakan

pada mesin kendaraan apabila dicampur dengan minyak diesel fosil (solar), BBM tersebut dinilai kurang efektif sebagai EBT. Oleh karena itu, dikembangkan produksi EBT *green diesel* yang dapat digunakan secara langsung tanpa ada campuran. *Green diesel* dipandang sebagai salah satu alternatif solusi pemecahan masalah kebutuhan energi tersebut, yaitu dengan mengganti diesel dari minyak bumi dengan minyak yang setara dengan diesel yang diolah dari minyak nabati seperti minyak kelapa sawit atau minyak jelantah. Proses yang dapat dilakukan untuk mengubah minyak nabati menjadi *green diesel* adalah dengan proses reaksi hidrogenasi minyak nabati (Mukenga, M. 2012).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkonversi minyak nabati menjadi *green diesel*. Homgren, dkk. (2007) melakukan konversi minyak nabati menjadi *green diesel* menggunakan metode *hydroprocessing* (Homgren, dkk., 2007). Salamah dan Wijayanto (2015) melakukan konversi minyak biji kapuk menjadi *green diesel* dengan proses hidrogenasi dengan menggunakan reaktor yang beroperasi pada suhu 250 °C dan tekanan 10 atm (Salamah dkk., 2015). Boonyasuwat dan Tscheikuna, (2017) melakukan pembuatan produk *green diesel* dengan menggunakan katalis CoMo/Al₂O₃ dengan metode desulfurisasi (Boonyasuwat dkk, 2017). Santos dkk. (2015) mengungkapkan bahwa trigliserida dapat diubah menjadi produk diesel-olefin secara sonoelektrolisis menggunakan satu reaktor dengan elektroda Pt (anoda) – C (katoda) yang dilakukan selama 2 jam pada potensial 3 volt. Sementara itu, Bijin Li dan Haibo (2019) telah melakukan konversi senyawa alkena-olefin menjadi senyawa alkana secara elektrosintesis dalam satu reaktor menggunakan elektroda karbon (anoda)- platina (katoda). Namun metode-metode tersebut memiliki kekurangan seperti tahapan preparasi katalis yang tidak mudah, suhu tinggi yang digunakan, dan biaya operasi tinggi, sedangkan metode elektrosintesis sangat sederhana, potensial elektroda dan rapat arusnya dapat diukur sehingga selektivitas dan kecepatan reaksinya dapat dikontrol melalui pengaturan besar potensial listrik serta alat yang diperlukan juga sederhana. Oleh karena itu,

konversi minyak nabati menjadi *green diesel* secara elektrolisis untuk dikembangkan.

Pada penelitian ini dilakukan konversi minyak kelapa sawit menjadi *green diesel* secara elektrolisis menggunakan elektroda grafit-grafit sebagai anoda dan katoda. Variasi jenis elektrolit berupa asam fosfat dan natrium hidroksida, variasi potensial listrik dan variasi waktu reaksi juga dilakukan. Produk yang terbentuk kemudian dianalisis jenis dan komposisinya menggunakan kromatografi gas-spektrometri massa GC-MS).

3.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana potensi metode elektrolisis untuk mengkonversi minyak nabati menjadi senyawa *green diesel* menggunakan elektroda C-C ?
- b. Bagaimana kondisi reaksi yang sesuai, meliputi konsentrasi dan jenis elektrolit, waktu reaksi, dan potensial listrik untuk dapat mengkonversi minyak kelapa sawit menjadi *green diesel* secara elektrolisis dengan % konversi dan komposisi yang tinggi ?

3.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah tersebut, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk :

- a. Untuk mengetahui potensi metode elektrolisis untuk mengkonversi minyak kelapa sawit menjadi suatu *green diesel*.
- b. Untuk mengetahui kondisi reaksi yang sesuai (metode pengadukan dengan sonikasi dan pengadukan konvensional, konsentrasi dan jenis elektrolit, waktu dan potensial listrik) untuk dapat mengkonversikan minyak kelapa sawit menjadi *green diesel* secara elektrolisis dengan nilai % konversi dan komposisi yang tinggi.

3.4 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- a. Memperoleh pengetahuan tentang potensi aplikasi metode elektrokimia untuk mensintesis suatu senyawa organik
- b. Memperoleh metode baru yang lebih efisien dan efektif dalam mensintesis minyak kelapa sawit menjadi *green diesel*
- c. Dengan ditemukannya metode baru untuk mengkonversi minyak kelapa sawit menjadi *green diesel*, maka diharapkan akan meningkatkan jumlah bahan bakar alternative dari minyak nabati.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Reaksi Konversi Minyak Nabati

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkonversi minyak nabati menjadi produk turunannya, termasuk *green diesel* seperti disajikan pada Tabel 1.

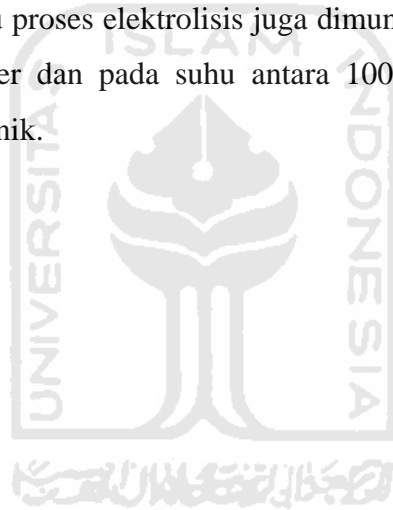
Tabel 1 Konversi Minyak Nabati

No	Peneliti	Konversi	Metode
1	Homgen dkk, (2007)	Minyak Nabati- <i>Green Diesel</i>	<i>Hydroprocessing</i>
2	Santos dkk (2015)	Minyak Nabati-Olefin	Sonoelektrolisis
3	Salamah dan Setyawan, (2015)	Minyak Biji Kapok - <i>Green Diesel</i>	Reaktor hidrogenasi
4	Boonyasuwat dan tscheikuna, (2017)	Minyak Nabati- <i>Green diesel</i>	Katalis Como/ Al_2O_3
5	Bijin Li da Harbo (2019)	Alkena-Olefin	Reaktor hidrogenasi

Dalam kajian dan penelitian dalam mengenai sintesis *green diesel* yang telah dilakukan menggunakan beberapa macam metode diantara *hydroprocessing* (Homgen dkk, 2007), *sonoelectrosynthesis* (Santos dkk, 2015). Sintesis *green diesel* pertama kali dilakukan pada tahun 2007 oleh Homgen dan rekannya yang menggunakan metode *hydroprocessing* adalah proses dimana menggunakan hidrogen untuk menghilangkan oksigen yang terdapat pada trigliserida untuk dapat membentuk *green diesel*. Salamah dan setyawan (2015) melakukan karakterisasi reaktor hidrogenasi pada minyak biji kapok. Penelitian ini dilakukan dengan merancang reaktor hidrogenasi dan merancang pemanas reaktor juga uji temperatur pemanas sama halnya dengan Bijin Li dan Harbo (2019) menggunakan reaktor hidrogenasi untuk mentransformasi asam lemak dan trigliserida menjadi olefin. Kemudian, pada

tahun 2017 Boonyusuwat dan tscheikuna melakukan produksi *green diesel* melalui deoksigenasi simultan asam palmitat dan desulfurisasi menggunakan katalis $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$.

Penggunaan metode elektrolisis dalam mengkonversikan minyak nabati dapat memberikan keuntungan seperti peralatan yang diperlukan sangat sederhana, yakni terdiri dari dua batang elektroda yang dihubungkan dengan sumber listrik DC, potensial elektroda dan rapat arusnya dapat diukur sehingga selektivitas dan kecepatan reaksinya dapat mudah dikontrol. Metode elektrolisis lebih menguntungkan dibandingkan dengan metode sintesis konvensional, yang sangat dipengaruhi oleh tekanan, suhu, katalis dan konsentrasi. Selain itu proses elektrolisis juga dimungkinkan untuk dilakukan pada tekanan atmosfer dan pada suhu antara 100-900 °C terutama untuk sintesis senyawa organik.



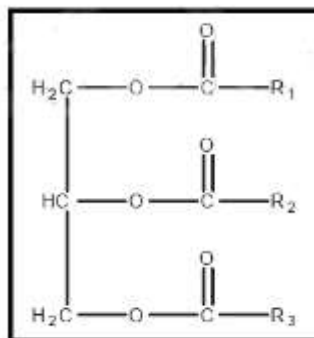
BAB 3

DASAR TEORI

3.1 Minyak Nabati

Minyak nabati termasuk dalam golongan lipid, yaitu senyawa organik yang terdapat dalam alam dan tak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik dan non polar seperti senyawa hidrokarbon atau dietil eter ($C_2H_5OC_2H_5$). Minyak dan lemak hewani maupun nabati memiliki komposisi utama berupa senyawa gliserida dan asam lemak dengan rantai karbonnya yang panjang. Asam lemak merupakan asam karboksilat yang diperoleh dari hidrolisis suatu lemak atau minyak dan umumnya mempunyai rantai karbon panjang dan tak bercabang. Gliserida merupakan ester dari gliserol. Gliserida ini terdiri dari monogliserida, digliserida, dan trigliserida tergantung dari jumlah asam lemak yang terikat pada gliserol (Herlina, dkk 2002).

Umumnya minyak nabati mengandung 90-98% trigliserida, yaitu tiga molekul asam lemak yang terikat pada gliserol. Kebanyakan trigliserida minyak dan lemak yang terdapat di alam merupakan trigliserida campuran yaitu, ketiga bagian asam lemak dari trigliserida itu pada umumnya tidaklah sama. Bila terdapat ikatan tak jenuh, maka asam lemak dengan panjang rantai yang sama akan memiliki titik cair yang rendah. Semakin panjang rantai atom C asam lemak, maka titik cair akan semakin tinggi dan semakin tinggi pula kestabilan trigliserida dari asam lemak itu terhadap polimerisasi dan oksidasi spontan (Ketaren, 2005).



Gambar 1 Struktur Kimia Triglicerida

Minyak sawit adalah minyak yang dihasilkan dari buah kelapa sawit. Seperti jenis minyak yang lain, minyak sawit tersusun atas unsur C, H, dan O. Minyak sawit ini terdiri atas fraksi padat dan cair dengan perbandingan yang seimbang. Penyusun fraksi padat terdiri atas asam lemak jenuh, antara lain asam miristat (1%), asam palmitat (45%), dan asam stearat (4%), sedangkan fraksi cair mengandung asam lemak tak jenuh yang terdiri atas asam oleat (39%) dan asam linoleat (11%). Komposisi tersebut ternyata agak berbeda jika dibandingkan dengan minyak inti sawit dan minyak kelapa. Secara lebih terinci, komposisi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh yang terdapat dalam ketiga jenis minyak nabati tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Komposisi beberapa asam lemak dalam tiga jenis minyak nabati

Asam lemak	Jumlah atom C	Minyak sawit (%)	Minyak inti sawit (%)	minyak kelapa sawit (%)
Asam lemak jenuh				
Oktanoat	8	-	2-4	8
Dekanoat	10	-	3-7	7
Laurat	12	1	41-55	48
Miristat	14	1-2	14-19	17
Palmitat	16	32-47	6-10	9
Stearat	18	4-10	1-4	2
Asam lemak tidak jenuh				
Oleat	18	38-50	10-20	6
Linoleat	18	5-14	1-5	3
Linolenat	18	1	1-5	-

Sumber : Tim Penulis PS (2000)

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) merupakan tumbuhan tropis golongan plasma yang termasuk tanaman tahunan. Tanaman Kelapa Sawit berasal dari Negara Afrika Barat. Tanaman ini dapat tumbuh subur di Indonesia, Malaysia, Thailand, Dan Papua Nugini. Kelapa Sawit merupakan tanaman yang sangat penting bagi pembangunan nasional perkebunan kelapa sawit dapat menyerap lapangan tenaga kerja yang lebih besar dan sebagai sumber devisa negara. Tanaman ini mulai diusahakan dan dibudidayakan secara komersial pada tahun 1991. orang yang pertama kali merintis usaha perkebunan kelapa sawit di Indonesia adalah Andrian Hallet seorang yang berkebangsaan Belgia yang mana telah belajar banyak tentang perkebunan kelapa sawit di Afrika (Fauzi, 2009:5)

Produk minyak kelapa sawit sebagai bahan makanan mempunyai dua aspek kualitas. Aspek pertama berhubungan dengan kadar dan kualitas asam lemak, kelembapan dan kadar kotoran. Aspek kedua berhubungan dengan rasa, aroma dan kejernihan serta kemurnian produk. Kelapa sawit bermutu prima (SQ, Special Quality) mengandung asam lemak (FFA, Free Fatty Acid) tidak lebih dari 2 % pada saat pengapalan. Kualitas standar minyak kelapa sawit mengandung tidak lebih dari 5 % FFA. Setelah pengolahan, kelapa sawit bermutu akan menghasilkan rendemen minyak 22,1 % - 22,2 % (tertinggi) dan kadar asam lemak bebas 1,7 % -2,1 % (terendah). Minyak kelapa sawit berasal dari buah tumbuhan tersebut, yang satu tandannya bisa mempunyai berat sekitar 40-50 kg. Seratus kilogram dari bibit minyak ini bisa menghasilkan sekitar 20 kg minyak. Satu hektar kelapa sawit dapat menghasilkan 5.000 kg minyak mentah, atau hampir 6.000 liter minyak mentah (JourneytoForever, 2010).

Salah satu produk minyak kelapa sawit adalah minyak goreng. Minyak goreng merupakan minyak yang diperoleh dari lemak tumbuhan atau hewan yang telah dimurnikan dan berbentuk cair. Minyak goreng berfungsi sebagai penghantar panas, panambah rasa gurih dan sebagai penambahan nilai kalori bahan pangan (Bangun, dkk. 2010). Menurut S. Kataren (2005) sifat minyak goreng dapat dibagi menjadi sifat fisik dan sifat kimia. Sifat fisik meliputi :

warna, odor dan flavour, kelarutan, titik cair dan polymorphism, titik didih, titik lunak, slipping point, titik leleh, bobot jenis, titik asap dan titik kekeruhan. Sedangkan sifat kimia meliputi : hidrolisa, oksidasi, hidrogenasi dan esterifikasi. Minyak goreng yang diproduksi untuk keperluan rumah tangga biasanya berasal dari tanaman kelapa yaitu kelapa sawit. Minyak kelapa sawit ini tidak akan mengeras jika dibiarkan mengering di udara.

Secara umum komponen utama minyak yang sangat menentukan mutu minyak adalah asam lemaknya karena asam lemak menentukan sifat kimia dan stabilitas minyak. Mutu minyak jelantah ditentukan oleh titik asapnya, yaitu suhu pemanasan minyak sampai terbentuk akrolein yang menimbulkan rasa gatal pada tenggorokan. Akrolein terbentuk dari hidrasi gliserol. Titik asap suatu minyak tergantung pada kadar gliserol bebasnya. Setiap minyak goreng tidak boleh berbau dan sebaiknya beraroma netral. Suhu penggorengan yang dianjurkan biasanya berkisar antara 177°C sampai 201°C. Menurut Winarno yang dikutip dari Jonarson (2004) makin tinggi kadar gliserol makin rendah titik asapnya, artinya minyak tersebut makin cepat berasap. Makin tinggi titik asapnya, makin baik mutu minyak tersebut. Adapun syarat mutu minyak yang baik untuk 8 penggorengan/memasak dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Syarat Mutu (minyak sawit) untuk Penggorengan

Syarat Mutu untuk Penggorengan		
Kriteria Uji	Satuan	Syarat
Keadaan Bau, warna dan rasa	-	Normal
Air	%b/b	Maks 0.30
Asam Lemak Bebas (dihitung sebagai asam laurat)	%b/b	Maks 0.30
Bahan Makanan Tambahan	Sesuai SNI. 022-M dan Permenkes No. 722/Menkes/Per/IX/88	
Cemaran Logam :		
- Besi (Fe)	Mg/kg	Maks 1.5
- Tembaga (Cu)	Mg/kg	Maks 0.1
- Raksa (Hg)	Mg/kg	Maks 0.1
- Timbal (Pb)	Mg/kg	Maks 40.0
- Timah (Sn)	Mg/kg	Maks 0.005
- Seng (Zn)	Mg/kg	Maks (40.0/0/25.0)*
Arsen (As)	%b/b	Maks 0.1
Angka Peroksida	%mg 0.2/gr	Maks 1

sumber : Departemen Perindustrian (SNI 01-3741-1995)

*) Dalam kemasan kaleng

3.2 Green Diesel

Green diesel atau biasa dikenal dengan hidrokarbon rantai lurus adalah bahan bakar energi terbarukan yang menyerupai bahan bakar solar. *Green diesel* dihasilkan oleh hidrooksisenasi berbasis bahan baku bio (*Bio-based*) seperti minyak sayur atau *bio-oils* selain itu juga dapat dengan bahan baku biomassa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TTKS). Penggunaan *green diesel* untuk bisa juga digunakan untuk tujuan komersial dan ekonomis untuk memenuhi kebutuhan energi saat ini. *Green diesel* adalah bahan bakar yang berbahan baku minyak nabati, hemat biaya dan aman (kalnes, dkk 2007).

Green diesel atau biodiesel (G2) adalah senyawa alkana hasil pengolahan minyak nabati dengan cara hidrogenasi yang memiliki sifat-sifat mirip bahan bakar diesel, disebut *green diesel* karena proses pengolahannya ramah lingkungan karena tidak dihasilkan limbah dan emisi hasil pembakaran juga memberikan limbah yang kecil dibanding minyak diesel yang lain (Homgren, J., 2007).

Green diesel adalah campuran rantai lurus dan hidrokarbon jenuh bercabang yang biasanya mengandung 15 hingga 18 atom karbon per molekul (C15 hingga C18). Komposisi ini menyerupai fosil minyak bumi dan diesel memungkinkan pemanfaatan *green diesel* di mesin CI dalam bentuk murni atau sebagai campuran dengan campuran yang diinginkan rasio tanpa modifikasi mesin (Orozco, 2017). Seperti halnya biodiesel, diesel hijau adalah produk biologis asal dengan dampak yang berkurang pada akumulasi CO₂ di atmosfer dan berbeda dengan Energi 2019, 12, 809 3 dari 42 minyak diesel itu bebas dari aroma atau nafta dan menyediakan pembakaran yang lebih bersih. Tidak seperti biodiesel, bagaimanapun, *green diesel* tidak mengandung oksigen dan karena itu lebih stabil, tidak korosif dan memiliki nilai panas yang mirip dengan diesel minyak bumi. *Green diesel* juga memiliki dingin yang unggul perilaku cuaca dari pada biodiesel, tidak meningkatkan emisi NO_x dan memiliki angka *cetane* yang lebih tinggi (CN) yang diterjemahkan menjadi pengapian yang lebih mudah di mesin CI. Akhirnya, *green diesel* diproduksi oleh *hydro-processing* trigliserida memiliki propana sebagai produk sampingan yang merupakan bahan bakar gas yang memiliki harga nilai jual yang tinggi. Fakta ini membuat produksi *green diesel* lebih menarik secara ekonomis bila dibandingkan untuk produksi biodiesel (Kordouli, 2017).

Green diesel memiliki angka *cetane* yang lebih tinggi (di atas 70) dari pada solar atau biodiesel. *Cetane number* (CN) adalah ukuran kualitas penyalaan bahan bakar diesel di internal CI resiprokal mesin pembakaran. Ini diukur sesuai dengan standar ASTM D613 dan menghitung penundaan pembakaran yang merupakan interval waktu dari injeksi bahan bakar ke proses awal pembakaran. Semakin tinggi angka *cetane* dari bahan bakar, semakin pendek penundaan pembakaran yang berarti mesin dapat beroperasi dengan efisiensi termal yang lebih tinggi dan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah. Bahan bakar seperti *green diesel* yang mengandung konsentrasi normal tinggi (rantai lurus) hidrokarbon jenuh memiliki angka *cetane* yang tinggi karena energi aktivasi diperlukan untuk pembentukan radikal bebas untuk memulai proses pembakaran rendah dibandingkan dengan bercabang hidrokarbon atau

aromatik yang lebih stabil dan membutuhkan tekanan dan suhu yang lebih tinggi tanda otomatis. Ketika *green diesel* dicampur dengan diesel minyak bumi, angka *cetane* meningkat hampir linier dengan rasio pencampuran dan produsen otomotif mengklaim bahwa peningkatan CN tersebut lebih disukai untuk penggunaan aditif peningkatan CN (Neste, 2010).

3.3 Elektrosintesis

Elektrokimia merupakan ilmu kimia yang mempelajari tentang perpindahan elektron yang terjadi pada sebuah media pengantar listrik (elektroda). Elektroda terdiri dari elektroda positif dan elektroda negatif. Hal ini disebabkan karena elektroda tersebut akan dialiri oleh arus listrik sebagai sumber energi dalam pertukaran elektron. Konsep elektrokimia didasari oleh reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dan larutan elektrolit. Reaksi redoks merupakan gabungan dari reaksi reduksi dan oksidasi yang berlangsung secara bersamaan. Pada reaksi reduksi terjadi peristiwa penangkapan elektron sedangkan reaksi oksidasi merupakan peristiwa pelepasan elektron yang terjadi pada media pengantar pada sel elektrokimia (Ridwan, 2016). Terdapat dua jenis konsep dalam aplikasi elektrokimia yaitu elektrolisis dan sel volta. Elektrolisis adalah suatu proses penguraian molekul air (H_2O) menjadi hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) dengan energi pemicu reaksi berupa energi listrik, Proses ini dapat berlangsung ketika dua buah elektroda ditempatkan dalam air dan arus searah dilewatkan diantara dua elektroda tersebut. Hidrogen terbentuk pada katoda, sementara oksigen pada anoda (Khusna, 2017). Pada penelitian ini aplikasi yang digunakan sering disebut dengan istilah elektrosintesis, baik elektoreduksi maupun elektrooksidasi.

Elektrosintesis menggunakan energi listrik dari luar untuk menggerakkan suatu reaksi kimia sehingga dihasilkan produk senyawa kimia tertentu. Elektrosintesis menggunakan konsep sel elektrolisis, yaitu suatu senyawa kimia dalam sel elektrolisis ketika diberikan tegangan listrik tertentu dari luar maka senyawa kimia tersebut akan mengalami oksidasi atau reduksi. Potensial listrik di mana senyawa kimia teroksidasi atau tereduksi tertentu untuk setiap senyawa. Metode elektrosintesis dapat menghasilkan produk yang spesifik

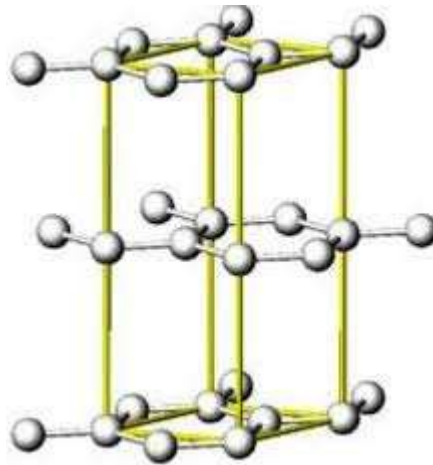
melalui reaksi yang selektif dengan cara mengontrol tegangan listrik elektroda, kondisi larutan (pelarut/elektrolit, pH, dan konsentrasi reaktan), dan menggunakan jenis material elektroda yang tepat (Fleischmann dan Pletcher, 1969). Elektroda logam seperti platina, nikel, tembaga, dan emas sering digunakan pada proses elektrosintesis karena selain berfungsi sebagai elektroda juga memberikan efek katalitik (elektrokatalis).

3.4 Elektroda Grafit

Karbon memiliki beberapa jenis alotrop, yang paling terkenal adalah grafit, intan, dan karbon *amorf*, sifat-sifat fisika karbon bervariasi bergantung pada alotroponya. Grafit merupakan konduktor listrik yang sangat baik, semua alotrop karbon terbentuk padat dalam kondisi normal tetap grafit merupakan alotrop yang paling stabil secara termodinamika diantara alotrop-alotrop karbon yang lain (Brown dan Tom, 2006).

Karbon dapat menyublim dalam unsur karbon yang memiliki temperatur sekitar 5800 K, sehingga tidak peduli dalam bentuk alotrop apapun, karbon akan tetap berbentuk padat pada temperatur yang lebih tinggi dari pada titik lebur logam tungsten ataupun renium, walaupun karbon secara termodinamika mudah teroksidasi karbon lebih sulit teroksidasi dari pada senyawa lainnya seperti lembaga dan besi (Lide, 2005).

Grafit adalah satu inti karbon yang merupakan konduktor listrik yang bisa digunakan sebagai material elektroda pada sebuah lampu listrik. Bahan grafit mempunyai keistimewaan seperti sifat mekanis seperti logam, ringan dan mempunyai sifat yang baik serta dari segi ekonomi bahan dasar grafit buatan tersedia melimpah dan murah (Willis, R., 1989).



Gambar 2 Struktur Grafit

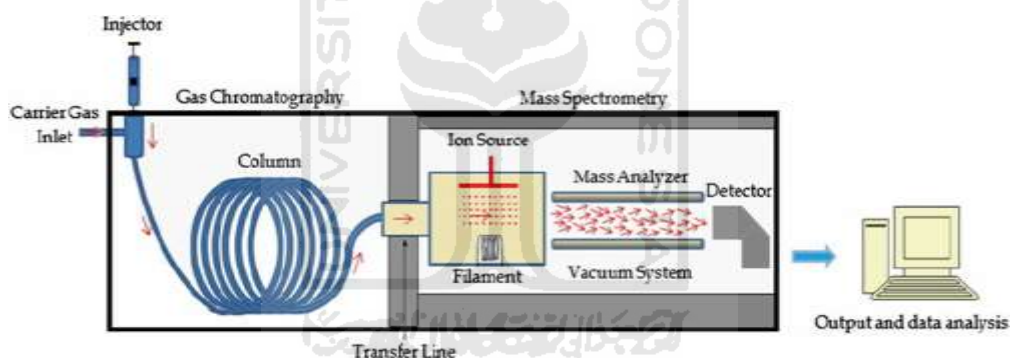
3.5 *Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS)*

Teknik GC pertama kali diperkenalkan oleh James dan Martin pada tahun 1952 (Sparkman *et al.*, 2011). GC merupakan salah satu teknik kromatografi yang hanya dapat digunakan untuk mendeteksi senyawa-senyawa yang mudah menguap. Kriteria menguap adalah dapat menguap pada kondisi vakum tinggi dan tekanan rendah serta dapat dipanaskan (Drozd, 1985).

Dasar pemisahan menggunakan kromatografi gas adalah penyebaran cuplikan pada fase diam sedangkan gas sebagai fase gerak melulusi fase diam. Cara kerja dari GC adalah suatu fase gerak yang berbentuk gas mengalir di bawah tekanan melewati pipa yang dipanaskan dan disalut dengan fase diam cair atau dikemas dengan fase diam cair yang disalut pada suatu penyangga padat. Analit tersebut dimuatkan ke bagian atas kolom melalui suatu portal injeksi yang dipanaskan. Suhu oven dijaga atau diprogram agar meningkat secara bertahap. Ketika sudah berada dalam kolom, terjadi proses pemisahan antar komponen. Pemisahan ini akan bergantung pada lamanya waktu relatif yang dibutuhkan oleh komponen-komponen tersebut di fase diam (Sparkman *et al.*, 2011).

Seiring dengan perkembangan teknologi maka instrument GC digunakan secara bersama-sama dengan instrumen lain seperti *Mass-Spectrometer (MS)*. Spektrometer massa (MS) diperlukan untuk identifikasi senyawa sebagai

penentu bobot molekul dan penentuan rumus molekul. Prinsip dari MS adalah pengionan senyawa-senyawa kimia untuk menghasilkan molekul bermuatan atau fragmen molekul dan mengukur rasio massa/muatan. Molekul yang telah terionisasi akibat penembakan elektron berenergi tinggi tersebut akan menghasilkan ion dengan muatan positif, kemudian ion tersebut diarahkan menuju medan magnet dengan kecepatan tinggi. Medan magnet atau medan listrik akan membelokkan ion tersebut agar dapat menentukan bobot molekulnya dan bobot molekul semua fragmen yang dihasilkan (David, 2005). Kemudian detektor akan menghitung muatan yang terinduksi atau arus yang dihasilkan ketika ion dilewatkan atau mengenai permukaan, scanning massa dan menghitung ion sebagai mass to charge ratio (m/z). Terdapat 4 (empat) proses dalam spektrometri massa yakni ionisasi, percepatan, pembelokkan dan pendeteksian

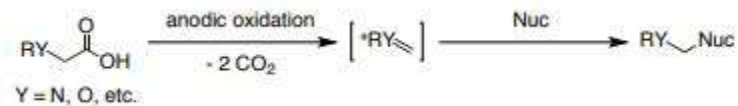


Gambar 3 Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS)

3.6 Reaksi kolbe dan Non-kolbe

Adolph Wilhelm Hermann Kolbe adalah orang yang pertama kali menemukan reaksi kolbe atau kolbe-schmitt. Reaksi kolbe-schmitt atau proses kolbe (dinamai Herman kolbe dan Rudolf schmitt) adalah reaksi kimia karboksilat yang berlangsung dengan memanaskan natrium fenoksida (garam natrium fenol) dengan karbon dioksida di bawah tekanan (100 atm, 125 ° C). Produk akhirnya adalah asam hidrosik aromatik yang juga dikenal sebagai asam salisilat. Selain terbentuk asam salisilat, pada reaksi ini juga akan terbentuk produk samping berupa air (US patent No. 4.376.867, 1983).

Berbeda dengan reaksi kolbe, reaksi non-kolbe merupakan proses pembuatan karbokation dengan oksidasi karboksilat (Geneste dkk, 2002). Proses non-kolbe didasarkan pada oksidasi karboksilat dimana karbokation yang dihasilkan dapat bereaksi dengan larutan (Galicia dan Gonzalez, 2002). Berikut merupakan reaksi yang dihasilkan dari proses non-kolbe :



Gambar 4 Mekanisme reaksi non-kolbe

3.7 Hipotesis

Konversi minyak kelapa sawit (*palm oil*) menjadi *green diesel* dapat dilakukan dengan menggunakan metode elektrokimia yaitu elektrolisis. Dengan mengoptimasikan kondisi reaksi meliputi metode pengadukan dengan sonikasi dan pengadukan konveksional, konsentrasi dan jenis elektrolit, waktu reaksi, dan potensial listrik yang digunakan maka akan dicapai produk *green diesel* dengan % konversi yang tinggi dan dengan % komposisi yang tinggi.

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan yang digunakan

4.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas beker (Pyrex) 50 ml, pipet ukur (Herma) 25 ml, pipet ukur (Herma) 5 ml, gelas ukur (Pyrex) 25 ml, *magnetic stirrer*, DC power (Sanfik SP-305E), Ultrasonik dan Elektroda grafit-grafit (C-C), *Gas Chromathography-Mass Spectrometry* (GC-MS) (QP2010 SE, Shimadzu Europa) dan neraca analitik (Ohaus).

4.1.2 Bahan

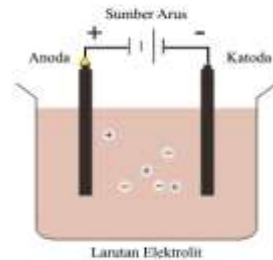
Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak kelapa sawit (bimoli), larutan asam fosfat (H_3PO_4) (Merck), natrium hidroksida (NaOH) (Merck), aquades dan tisu.

4.2 Prosedur kerja

4.2.1 Elektrolisis Minyak Kelapa Sawit

Sel elektrokimia yang digunakan untuk elektrolisis *green diesel* minyak kelapa sawit terdiri dari katoda grafit (C) dan anoda grafit (C) yang dirangkai dalam sel tunggal seperti pada gambar 4. Sebanyak 27 ml minyak kelapa sawit dimasukkan ke dalam gelas beker 50 ml lalu ditambahkan larutan asam fosfat 0,03 M sebanyak 3 ml sebagai larutan elektrolit. Setelah itu, elektroda C-C dipasang dan disambungkan ke DC Power. Kemudian elektrolisis dilakukan dengan pengadukan tetap pada potensial 3 V selama 2 jam reaksi. Setelah di elektrolisis selama 2 jam, kemudian terbentuk dua lapisan lalu dipisahkan fraksi *green diesel*

(lapisan atas) dan fraksi gliserol (lapisan bawah) untuk dilakukan uji GC-MS.



Gambar 5 Elektrolis minyak nabati

4.2.2 Karakterisasi Produk Elektrolisis menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)

Larutan produk hasil elektrolisis minyak kelapa sawit dikarakterisasi menggunakan GC-MS untuk mengetahui komponen senyawa yang terdapat didalamnya.

4.2.3 Optimasi Kondisi Elektrolisis

Kondisi reaksi elektrolisis minyak kelapa sawit dioptimasi untuk mendapatkan hasil produk *green diesel* dengan % konversi dan % kemurnian yang tinggi. Optimasi dilakukan meliputi variasi waktu elektrolisis (2, 4, dan 6 jam), variasi potensial listrik (3 V, 6 V dan 9 V), dan variasi jenis elektrolit menggunakan H_3PO_4 dan NaOH.

4.2.4 Perhitungan % Konversi dan Komposisi Produk

Perhitungan % konversi dan komposisi untuk melihat seberapa optimal reaksi yang terjadi dengan metode yang digunakan dalam bentuk angka yang dihitung berdasarkan persamaan (1) dan (2) (Liu dkk, 2018).

$$\% \text{ Konversi} = \frac{\text{Luas area produk}}{\text{total luas area}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\% \text{ Komposisi} = \frac{\text{Luas area produk}}{\text{total luas area} + \text{luas area sisa alkena}} \times 100\% \quad (2)$$



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan dikaji potensi metode elektrolisis untuk konveksi minyak kelapa sawit menjadi *green diesel* dengan elektroda grafit-grafit (C-C). Dalam penelitian ini dilakukan beberapa variasi seperti jenis elektrolit, variasi waktu, dan variasi potensial listrik.

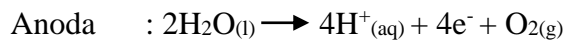
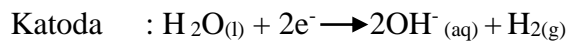
5.1 Elektrolisis Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Elektroda Grafit-Grafit

Mengsintesis *green diesel* dengan menggunakan metode elektrolisis merupakan metode yang paling sangat memberi keuntungan. Elektroda grafit merupakan elektroda yang telah banyak digunakan dalam berbagai bidang elektrokimia seperti elektrolisis. Salah satu penelitian yang menggunakan elektroda grafit adalah Santos dkk (2019) yaitu menggunakan elektroda platina-karbon (Pt-C) menggunakan elektrolit KOH dengan menghasilkan alkena dari trigliserida. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan sintesis minyak kelapa sawit dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda grafit-grafit agar dapat memperoleh senyawa alkana. Setelah dilakukan hasil yang diperoleh adalah alkena artinya belum terdapat senyawa *green diesel* yaitu alkana.

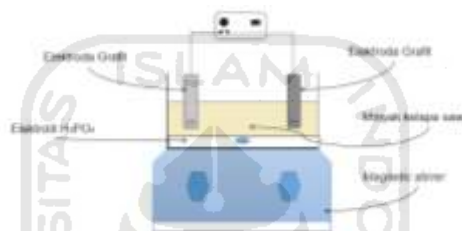
Pada penelitian ini digunakan grafit dari batu baterai bekas sebagai elektroda grafit, Keuntungan menggunakan elektroda grafit antara lain adalah harganya relatif murah dibandingkan elektroda logam karena pemurnian grafit untuk elektroda lebih sederhana bila dibandingkan dengan pemurnian logam untuk dijadikan elektroda, selain itu juga penggunaan elektroda grafit dari batu baterai bekas ini juga bisa mengurangi akan limbah baterai pada lingkungan.

Adapun reaksi yang kemungkinan terjadi pada penelitian ini seperti dibawah ini, dimana elektroda grafit adalah elektroda yang jenis nya adalah inert yang artinya tidak ikut bereaksi baik sebagai katoda maupun anoda, sehingga dalam sel elektrolisis yang mengalami reaksi redoks adalah elektrolit

sebagai zat terlarut dan atau air sebagai pelarut. Berdasarkan tabel potensial standar reduksi, air memiliki E° red yang besar dibandingkan dengan senyawa-senyawa yang terdapat didalam chamber. Oleh sebab itu, spesi yang bereaksi di katoda adalah air.



Berikut merupakan gambar ilustrasi reaktor yang digunakan dengan metode elektrolisis dalam mensintesis minyak kelapa sawit.

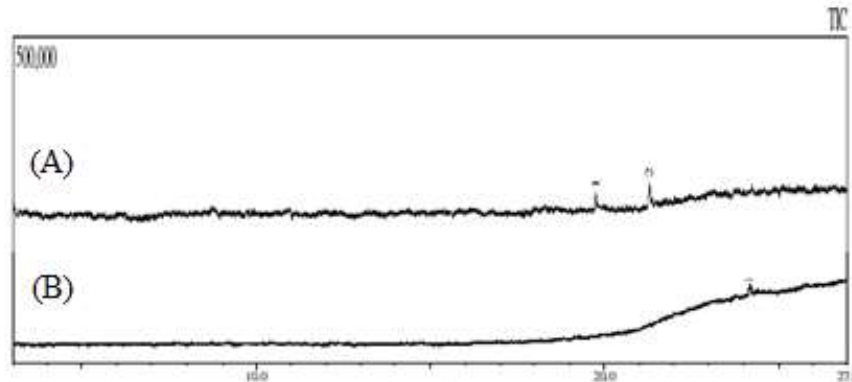


Gambar 6 Rangkaian reaktor elektrolisis

5.2 Pengaruh Variasi Elektrolit Terhadap Pembentukan Produk *Green*

Diesel

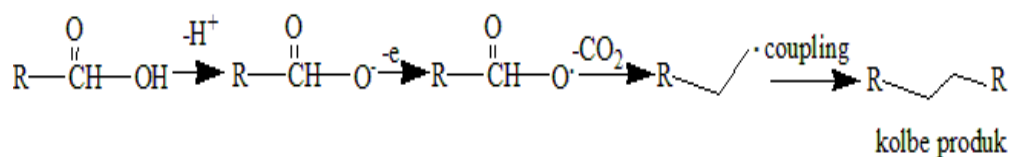
Hasil elektrolisis minyak kelapa sawit dianalisis menggunakan GC-MS untuk mengetahui senyawa yang terdapat dalam produk. Penggunaan GC diperuntukan untuk melihat jenis senyawa berdasarkan waktu retensi, sedangkan MS berfungsi untuk melihat fragmentasi hasil dari pemisahan senyawa oleh GC sehingga dapat mengetahui nama senyawa yang terkandung dalam produk elektrolisis. Kromatogram produk hasil elektrolisis minyak kelapa sawit menggunakan elektrolit natrium hidroksida 0,03 M dan asam fosfat 0,03 M pada potensial listrik 3 volt selama 2 jam disajikan pada gambar 7.



Gambar 7 Hasil kromatogram produk hasil elektrolisis minyak kelapa sawit menggunakan elektrolit (A) natrium hidroksida 0,03 M dan (B) asam fosfat 0,03 M pada potensial listrik 3 V selama 2 jam.

Berdasarkan Gambar 7 yang merupakan hasil kromatogram GC yang telah disintesis terdapat dua puncak pada kromatogram (A) dengan waktu retensi masing-masing 19.621 dan 21.194 yang merupakan senyawa octene dan 9-octadecanoic acid sedangkan pada (B) terdapat satu puncak dengan waktu retensi 24.180 yang merupakan senyawa 2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene.

Adapun mekanisme reaksi yang mungkin terjadi yaitu reaksi kolbe dimana reaksi kolbe adalah reaksi yang bersifat dekarboksilatif dengan menghilangkan gugus karboksilat melalui jalur radikal dengan hasil samping CO_2 , seperti pada skema 1.



Skema 1. Mekanisme reaksi non kolbe

Variasi elektrolit dilakukan untuk mendapat elektrolit yang cocok untuk digunakan dalam proses elektrolisis pada penelitian ini. Variasi larutan elektrolit yang digunakan pada penelitian ini yaitu larutan NaOH dan H_3PO_4 . Tabel 4 menyajikan hasil GC-MS terhadap produk konversi minyak kelapa

sawit pada elektrolit natrium hidroksida dan asam fosfat dengan konsentrasi 0.03 M, potensial listrik 3 volt dalam waktu selama 2 jam.

Tabel 4 Hasil GC-MS terhadap produk konversi minyak kelapa sawit pada elektrolit natrium hidroksida dan asam fosfat dengan konsentrasi 0.03 M, potensial listrik 3 Volt dalam waktu selama 2 jam

Jenis elektrolit	waktu retensi (min)	Konversi (%)	Komposisi (%)	Nama senyawa dan rumus molekul	Jenis
Natrium hidroksida	19.621	37.6310	37.6310	Octene (C ₈ H ₁₆)	Alkena
	21.194	62.3689	62.3689	9-Octadecanoic acid (C ₁₈ H ₃₄ O ₂)	Karboksilat
Asam fosfat	24.180	100	100	2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene (C ₃₀ H ₅₀)	Alkena

Tabel 4 menunjukkan bahwa belum terbentuknya produk *green diesel* tetapi elektrolit asam fosfat mendapatkan hasil yang mendekati senyawa *green diesel* dengan produk samping 2,6,10,14,18,22-tetracosahexaene dengan % komposisi sebesar 100% sedangkan pada elektrolit natrium hidroksida diperoleh produk samping octene dan 9-octadecanoic acid.



Gambar 8 Struktur 2,6,10,14,18,22-tetracosahexaene

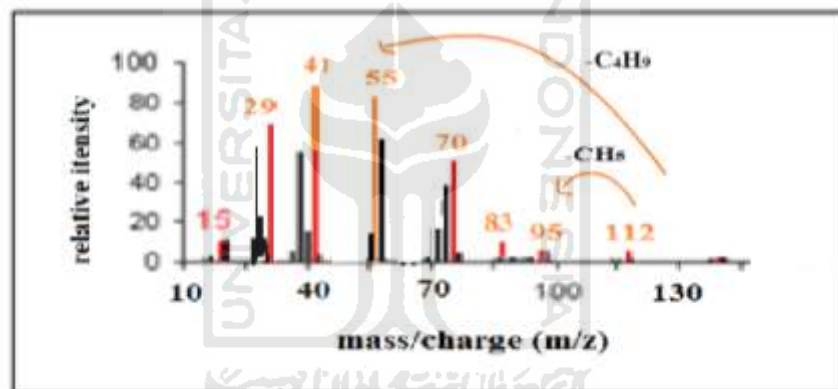


Gambar 9 Struktur Octene



Gambar 10 struktur 9-octadecenoic acid

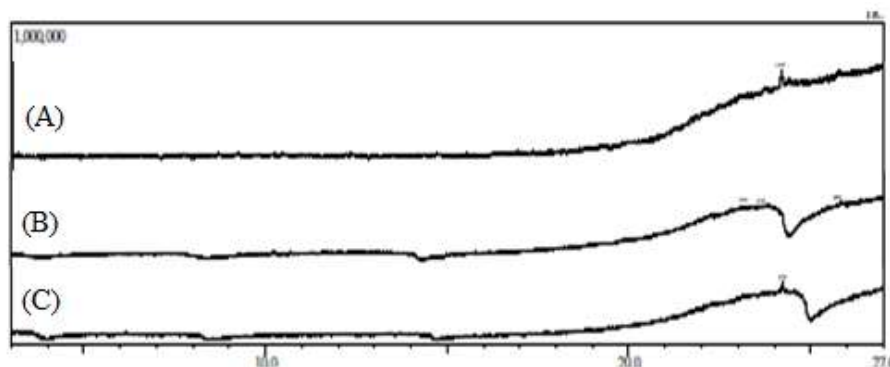
Fragmentasi pada alkena memiliki satu atau lebih ikatan rangkap π . Biasanya mengalami pembelahan alilik (pemutusan ikatan rangkap C ikatan rangkap dengan $C\alpha$) dan pembelahan vinilik (pemutusan ikatan $C\alpha-C\beta$). Dimana yang akan mengalami pemutusan pertama kali pada pola fragmentasi octene adalah gugus CH_5 ($m/z = 17$) diikuti C ($m/z = 12$) diikuti CH ($m/z = 13$) diikuti CH_3 ($m/z = 15$) diikuti CH_2 ($m/z = 14$) diikuti C ($m/z = 12$) dan yg terakhir CH_2 ($m/z = 14$). Perhatikan contoh fragmentasi octene dibawah ini :



Gambar 11 pola fragmentasi struktur kimia octene

5.3 Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Elektrolisis Minyak Kelapa Sawit

Variasi waktu dilakukan pada penelitian untuk mendapatkan waktu yang optimal dalam pembentukan *green diesel*. Santos dkk (2015) melakukan elektrolisis dengan waktu 2 jam dalam kondisi basa yang berhasil memperoleh diesel seperti olefin. Sehingga pada penelitian ini dilakukan 2 acuan variasi waktu dengan selisih waktu 2 jam dari waktu yang diambil yaitu 4 jam dan 6 jam. Adapun kromatogram *green diesel* yang telah di analisis dengan menggunakan GC-MS terdapat pada Gambar 12 sebagai berikut :



Gambar 12 Kromatogram produk green diesel hasil elektrolisis minyak kelapa sawit pada variasi waktu 2 jam (A), 4 jam (B) dan 6 jam (C)

Pada gambar 12 dapat dilihat bahwa pada kromatogram (A) terdapat satu puncak dengan waktu retensi 24.180 lalu pada kromatogram (B) terdapat tiga puncak dengan waktu retensi 23.175 ; 23.640 dan 25.805 dan pada kromatogram (C) terdapat satu puncak dengan waktu retensi 24.220. Dengan hasil MS pada tabel dibawah ini :

Tabel 5 Hasil MS terhadap produk konversi minyak kelapa sawit secara elektrolisis menggunakan elektrolisis asam fosfat 0.03 M dengan pengadukan konvensional (magnetic stirrer)

Variasi waktu (jam)	Konversi %	Komposisi %	Nama senyawa dan Rumus molekul	Jenis
2	100	100	2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene (C ₃₀ H ₅₀)	Alkena
4	30.4236	30.4236	2-Octadecenoic acid (C ₁₉ H ₃₆ O ₂)	Karboksilat
	40.9184	40.9184	4,4-sulfinylbis(5-tert-butyl-2-	Alkohol

			methylphenol) (C ₂₂ H ₃₀ O ₃ S)	
	28.6579	28.6579	9,12,15- Octadecatrienoic acid (C ₂₇ H ₅₂ O ₄ Si ₂)	Karboksilat
6	100	100	2,6,10,14,18,22- Tetracoshexaene (C ₃₀ H ₅₀)	Alkena

Dapat dilihat dari hasil MS tabel diatas bahwa pada waktu 2 jam dan 6 jam terbentuk senyawa 2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene sedangkan pada waktu 4 jam terbentuk senyawa 2-Octadecenoic acid, 4,4-sulfinylbis(5-tert-butyl-2-methylphenol) dan 9,12,15-Octadecatrienoic acid dengan jenis senyawa karboksilat dan alkohol. Pada waktu 4 jam terjadi perbedaan hasil senyawa boleh jadi karena adanya *human error* yaitu tidak dilakukannya pemanasan sedangkan pada waktu 2 jam dan 6 jam dilakukan pemanasan pada saat dilakukan elektrolisis.

5.4 Pengaruh Potensial Listrik Terhadap Produk Elektrolisis *Green Diesel*

Variasi potensial listrik yang dilakukan untuk memperoleh potensial listrik yang cocok. Selama proses elektrolisis potensial listrik pada penelitian ini adalah 3 volt (santos dkk,2015). Kemudian dilakukan variasi ke rentang yang lebih besar yaitu 6 volt dan 9 volt. Produk *green diesel* dengan variasi potensial listrik terdapat pada tabel 5.4.1 dibawah ini terlihat produk hasil GC-MS dari potensial listrik 3 volt dan 6 volt menunjukkan adanya senyawa 2,6,10,14,18,22-tetracosahexaene (C₃₀H₅₀) dengan %komposisi 100%, pada potensial listrik 4 volt diperoleh senyawa 2-Octadecenoic acid, 4,4-sulfinylbis(5-tert-butyl-2-methylphenol), dan 9,12,15-Octadecatrienoic acid yang artinya terdapat alkana dan karboksilat sedangkan pada potensial listrik 9 volt memiliki hasil senyawa yang sama dengan 3 volt yaitu 2,6,10,14,18,22-Tetracoshexaene dengan %komposisi 100%. Oleh karena itu bisa jadi kondisi

yang optimum untuk reaksi elektroda dan elektrolit terjadi pada potensial 3 volt, sedangkan pada 4 volt dan 9 volt terjadi sedikit penurunan kerja elektroda dan elektrolit, sehingga proses reduksi asam lemak tidak maksimal (Campbell dan Young, 1943).

Tabel 6 Hasil GC-MS terhadap produk konversi minyak kelapa sawit secara elektrolisis asam fosfat 0.03 M pada waktu 2 jam serta variasi potensial listrik 3 volt, 6 volt dan 9 volt

Variasi potensial	Konversi %	Komposisi %	Nama senyawa dan Rumus molekul	jenis
3 volt	100	100	2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene (C ₃₀ H ₅₀)	Alkena
6 volt	100	100	2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene (C ₃₀ H ₅₀)	Alkena
9 volt	100	100	4,8,12-tetradecatriak,5,13-trimethyl (C ₁₇ H ₂₈ O)	Alkena

Pada tabel 6 terlihat hasil GC-MS dari variasi potensial yaitu 3, 6, dan 9 volt. Dari beberapa variasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa untuk mengkonversi minyak kelapa sawit untuk menjadi *green diesel* dapat dilakukan dengan menggunakan elektrolit asam fosfat 0.03 M pada potensial listrik 3 volt (Santos dkk, 2015) selama 2 jam dan dilakukan secara konvensional (*magnetic stirrer*) tetapi dengan menggunakan elektroda grafit-grafit belum terdapat golongan senyawa alkana tetapi diperoleh beberapa golongan senyawa yaitu alkena, asam karboksilat dan alkohol hal ini dikarenakan minyak belum terhidrolisis dengan sempurna sehingga menjadi asam lemak (santos dkk, 2015).

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. Metode elektrolisis menggunakan elektroda grafit-grafit berpotensi untuk mengkonversi minyak nabati kelapa sawit menjadi senyawa *green diesel*, namun diperlukan optimasi kondisi reaksi lebih lanjut.
2. Pada kondisi elektrolisis dengan elektrolit asam fosfat 0,03 M, potensial listrik 3 volt selama 2 jam dihasilkan produk senyawa alkena 2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene $C_{30}H_{50}$ dengan % konversi dan komposisi 100 %.

6.2 Saran

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan perlu adanya percobaan pada variasi elektroda, variasi volume elektrolit agar bisa dapat memperoleh produk *green diesel*.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan perlu adanya percobaan dengan menggunakan asam kuat seperti asam sulfat agar proses elektrolisis lebih maksimal dan juga dilakukan temperature setting.

DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, D., Memoar, 2010. Duta Besar Sawit Indonesia. Jakarta. Buku Kompas.
- Boonyasuwat, S., Tscheikuna, J., 2017. Jurnal Produksi Green Diesel melalui Deoksigenasi Simultan asam Palmitat dan Desulfurisasi 4,6-Dimethyl Dibenzothrophone lebih komersial CoMo/Al₂O₃. Chemical Engineering Departement, Fuculty Of Engineering Chulolangkorn Universitas Bangkok, Thailand. Hlm 821-826.
- Brow, Tom, 2006. *Carbon Goes Full Circle in The Amazon*. Lawrence Livermore National Laboratory.
- David, G. W., 2005, Analisis Farmasi, Edisi kedua, EGC, Jakarta
- Diozs, J., 1985. Chemical Derivatization in Gas Chromatography, *journal of chromatography Libraby*, 19.
- Galicia, M., dan González, F. J., 2002, Electrochemical oxidation of tetrabutylammonium salts of aliphatic carboxylic acids in acetonitrile. *J Electrochem Soc*, 149:D46-D50.
- Geneste, F., Cadoret, M., Moinet, C., Jezequel, G., 2002, Cyclic voltammetry and XPS analyses of graphite felt derivatized by non-Kolbe reactions in aqueous media. *New J Chem*, 26:1261-1266.
- Handoyono, R., Ananta, A. A., Anwar, S. 2007. Biodiesel dari Minyak Biji Kapok. Fakultas Teknologi Pertanian. UGM.
- Herlina, N., Hendra, S., Ginting, 2002, *Jurnal Minyak dan Lemak*. Fakultas Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Homgren, J., Gosling, G., Marinangle R., Marker T., 2007, "A New Development in Renewable Fuels : green Diesel", UOP.LLC. Des Palkines, Illionis, U.S.A
- Julianus, Dising. 2006. Optimasi Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. Teknik Kimia. UKI PAULUS. Makasar.
- Kalnes, T., Marker, T., and Shonnard, D.R., 2007. *Green Diesel : A Second Generation Biofuel, International Jpurnal of Chemical Reactor Engineering*.

- Ketaren, S. 2005. Pengantar Teknologi Minyak dan lemak Pangan. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Ketaren, S., 2005. *CRC Handbook of Chemistry and Physics edisi 86*. Baca raton.CRC Press. ISBN 0-8493-0486-5.
- Kordouli, E.; Sygellou, L.; Kordulis, C.; Bourikas, K.; Lycourghiotis, A., 2017. Probing the synergistic ratio of the NiMo/ γ -Al₂O₃ reduced catalysts for the transformation of natural triglycerides into green diesel. *Appl. Catal. B-Environ.* 209, 12–22.
- Lide, D, R, ed, 2005. *CRC Handbook of Chemistry and Physics edisi 86*. Baca Raton. CRC Press. ISBN 0-8493-0486-5.
- Liu, Yuchen., Yuan, Gang., Ren, Xiaona., dan Wang, Qingfa., 2018, Selective Electrochemical Conversion of Biomass-Derived Valeric Acid to Ethers/Esters, *Int. J. Electrochem. Sci*, 13, 3210-3223.
- Mukenga, M. 2012. *Biodiesel Production Over Superted Zinc Okside Nanoparticles. Thesis Submitted to the Faculty Of Engineering and the Built Enviroment.* Universitas Johannes burg.
- Neste Renewable Diesel Handbook., 2016, Neste Proprietary Publication: Espoo, Finland.
- Orozco, L.M.; Echeverri, D.A.; Sánchez, L.; Rios, L.A. 2017. Second-generation green diesel from castor oil: Development of a new and efficient continuous-production process. *Chem. Eng. J.*, 322, 149–156.
- Santos, Tatiane. R., Dos., Harnisch, Falk., Nilges, Peter., dan Schroder, Uwe., 2015, Electrochemistry for Biofuel Generation: Tranformation of Fatty Acids and Triglycerides to Diesel-Like Olefin/Ether Mixture and Olefins, *ChemSusChem*, 8, 886-893.
- Salamah, S., Setiyawan, M., 2015. Jurnal Karakterisasi Reaktor Hidrogenasi Minyak Biji Kapok untuk Pembuatan Biji Kapok. Progra Studi Teknik Kimia. Universitas Ahmad Dahlan.
- Satriana, Elhusan, N., Desrina., Supardan, D. 2012. Karakterisasi Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Jelanyah Mneggunakan Teknik Kavitas Hidrodinamik. Jurnal Kurusan Teknik Kimia. Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

- Sparkiman, O. N., Penton, Z., Fulton, G., 2011, *Gas Chromatography – Mass Spectrometry: a Partical quide*, Elseveir.
- Sugiyono, A., Permana, A. D., Boedoyo, M. S., dan Adiarso. 2013. PENGEMBANGAN Energi dalam Mendukung Sektro Transpormasi dan Industri Pengolahan Mineral. Outlook Energi Indonesia. BPPT.
- Sunaryato, H. 2012. Analisis Fertilitas Penduduk Provinsi Bengkulu. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 7(1), 21-42
- Willis, R., 1989, *Kimia Inti*, Depdikbud Dirjen Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan: Jakarta.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan

1.1 Perhitungan pembuatan larutan elektrolit asam fosfat

$$M = \frac{\text{Masa Jenis} \times 10 \times \%}{\text{Berat Molekul}} \quad M1V1 = M2V2$$

$$\% \text{ Asam Fosfat} = 85 \%$$

$$\text{Masa Jenis Asam Fosfat} = 1,71 \text{ g/mL}$$

$$\text{Berat Molekul} = 98 \text{ g/mol}$$

1.1.1. Perhitungan Molaritas Asam Fosfat

$$M = \frac{\text{Masa Jenis} \times 10 \times \%}{\text{Berat Molekul}}$$

$$M = \frac{1,71 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \times 10 \times 85\%}{98 \text{ g/mol}}$$

$$M = 14,8 \text{ M}$$

1.1.2. Perhitungan Pembuatan Larutan Asam Fosfat 0,03 M

$$M1V1 = M2V2$$

$$0,3 \text{ M} \times V1 = 0,03 \text{ M} \times 50 \text{ mL}$$

$$V1 = \frac{0,03 \text{ M} \times 50 \text{ mL}}{0,3 \text{ M}}$$

$$= 5 \text{ mL}$$

1.2 Perhitungan Pembuatan Larutan elektrolit Natrium Hidroksida 0,03 M

$$M = \frac{n}{V}$$

$$0,03 \text{ M} = \frac{n}{0,1 \text{ L}}$$

$$n = 0,003 \text{ mol}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{masaa}}{\text{Mr NaOH}}$$

$$0,003 \text{ mol} = \frac{\text{masaa}}{40 \text{ g/mol}}$$

$$\text{Masa} = 0,12 \text{ gram}$$

1.3 Perhitungan % konversi dan % komposisi elektrolit asam fosfat selama 2 jam menggunakan *magnetic stirrer*

1.3.1 perhitungan % konversi dan komposisi 2,6,10,14,18,22-tetracosahexaene

$$\% \text{ konversi} = \frac{86488}{86488} \times 100 \% = 100 \%$$

$$\% \text{ komposisi} = \frac{86488}{86488} \times 100 \% = 100 \%$$

1.3.2 perhitungan % konversi dan komposisi 2,6,10,14,18,22-tetracosahexaene

$$\% \text{ konversi} = \frac{22789}{22789} \times 100 \% = 100 \%$$

$$\% \text{ komposisi} = \frac{22789}{22789} \times 100 \% = 100 \%$$

1.3.3 perhitungan % konversi dan komposisi 4,8,12-tetradecatrienal-5,9,13-trimethyl

$$\% \text{ konversi} = \frac{85067}{85067} \times 100 \% = 100 \%$$

$$\% \text{ komposisi} = \frac{85067}{85067} \times 100 \% = 100 \%$$

1.4 Perhitungan % konversi dan komposisi elektrolit asam fosfat selama 4 jam 3 volt menggunakan *magnetic stirrer*

1.4.1 Perhitungan % konversi dan komposisi 2-Octadecenoic acid

$$\% \text{ konversi} = \frac{60979}{200433} \times 100 \% = 30,4236 \%$$

$$\% \text{ komposisi} = \frac{60979}{200433} \times 100 \% = 30,4236 \%$$

1.4.2 Perhitungan % konversi dan komposisi 4,4-sulfinylbis(5-tert-butyl-2-methylphenol)

$$\% \text{ konversi} = \frac{82014}{200433} \times 100 \% = 40,9184 \%$$

$$\% \text{ komposisi} = \frac{82014}{200433} \times 100 \% = 40,9184 \%$$

1.4.3 Perhitungan % konversi dan komposisi 9,12,15-Octadecatrienoic acid

$$\% \text{ konversi} = \frac{57440}{200433} \times 100 \% = 28,6579 \%$$

$$\% \text{ komposisi} = \frac{57440}{200433} \times 100 \% = 28,6579 \%$$

1.5 Perhitungan % konversi dan komposisi elektrolit Asam fosfat selama 6 jam 3 volt menggunakan *magnetic stirrer*

1.5.1 Perhitungan % konversi dan komposisi 2,6,10,14,18,22-tetracosahexaene

$$\% \text{ konversi} = \frac{90048}{90048} \times 100 \% = 100 \%$$

$$\% \text{ komposisi} = \frac{90048}{90048} \times 100 \% = 100 \%$$

1.6 Perhitungan % konversi dan komposisi elektrolit Natrium Hidroksida selama 2 jam 3 volt menggunakan *magnetic stirrer*

1.6.1 Perhitungan % konversi dan komposisi octene

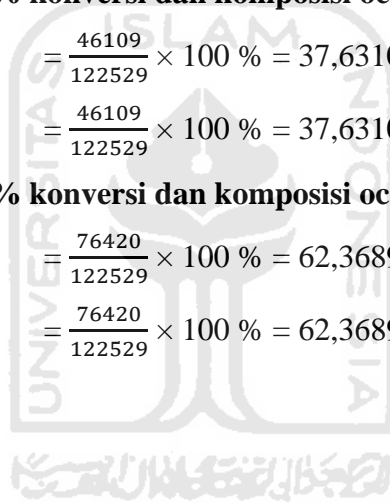
$$\% \text{ konversi} = \frac{46109}{122529} \times 100 \% = 37,6310 \%$$

$$\% \text{ komposisi} = \frac{46109}{122529} \times 100 \% = 37,6310 \%$$

1.6.2 Perhitungan % konversi dan komposisi octadecanoic acid

$$\% \text{ konversi} = \frac{76420}{122529} \times 100 \% = 62,3689 \%$$

$$\% \text{ komposisi} = \frac{76420}{122529} \times 100 \% = 62,3689 \%$$



Lampiran 2. Dokumentasi penelitian

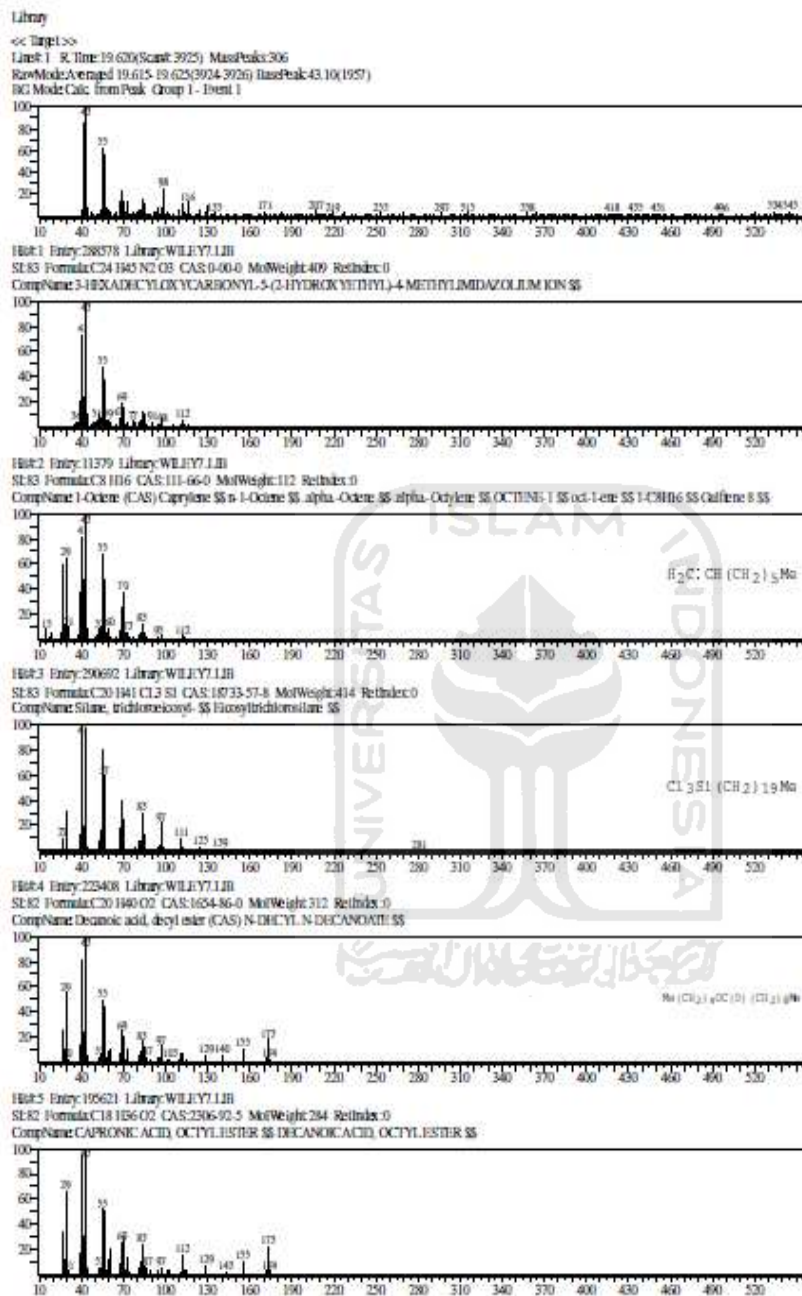


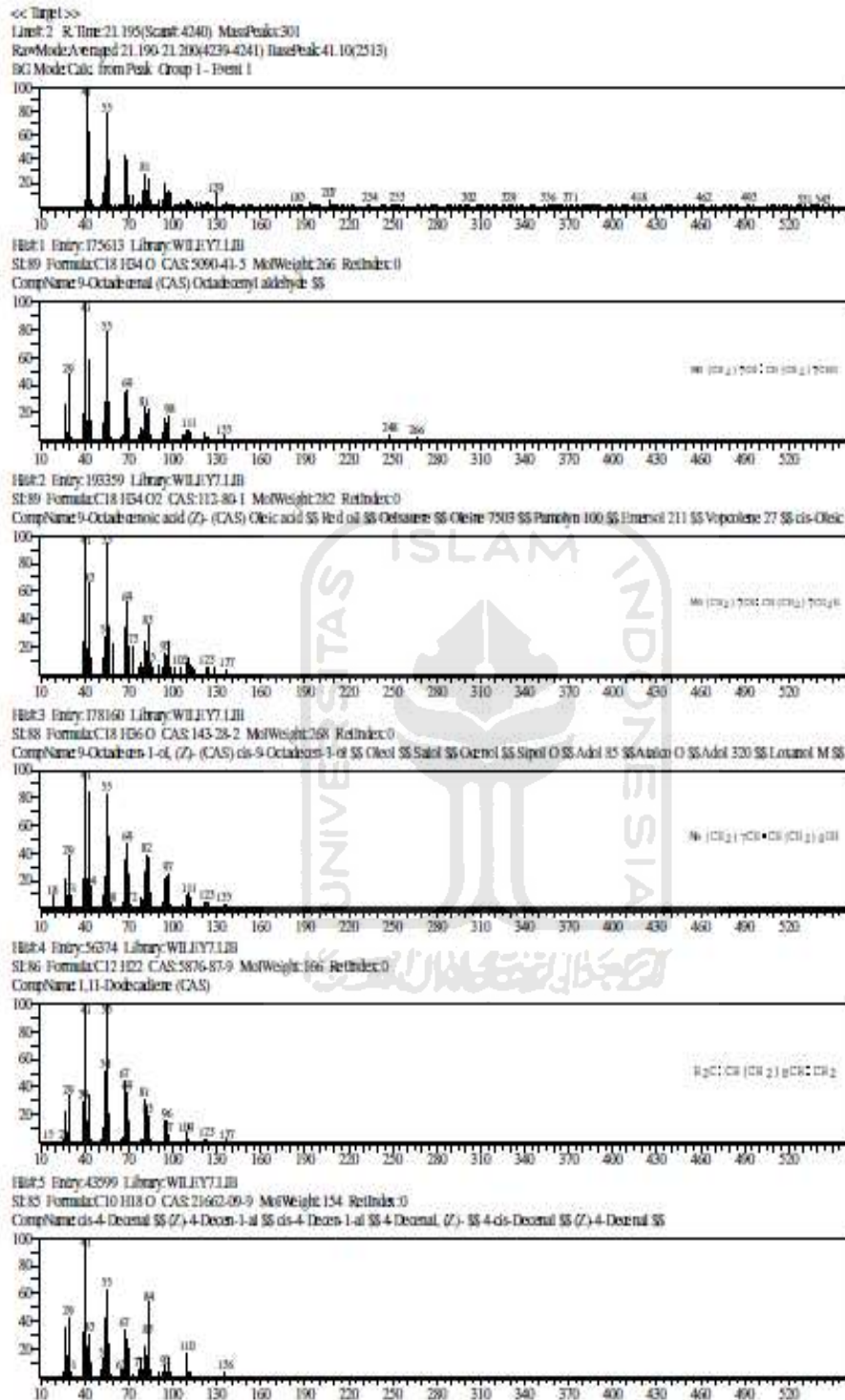
Gambar 13 Rangkaian elektrolisis minyak kelapa sawit



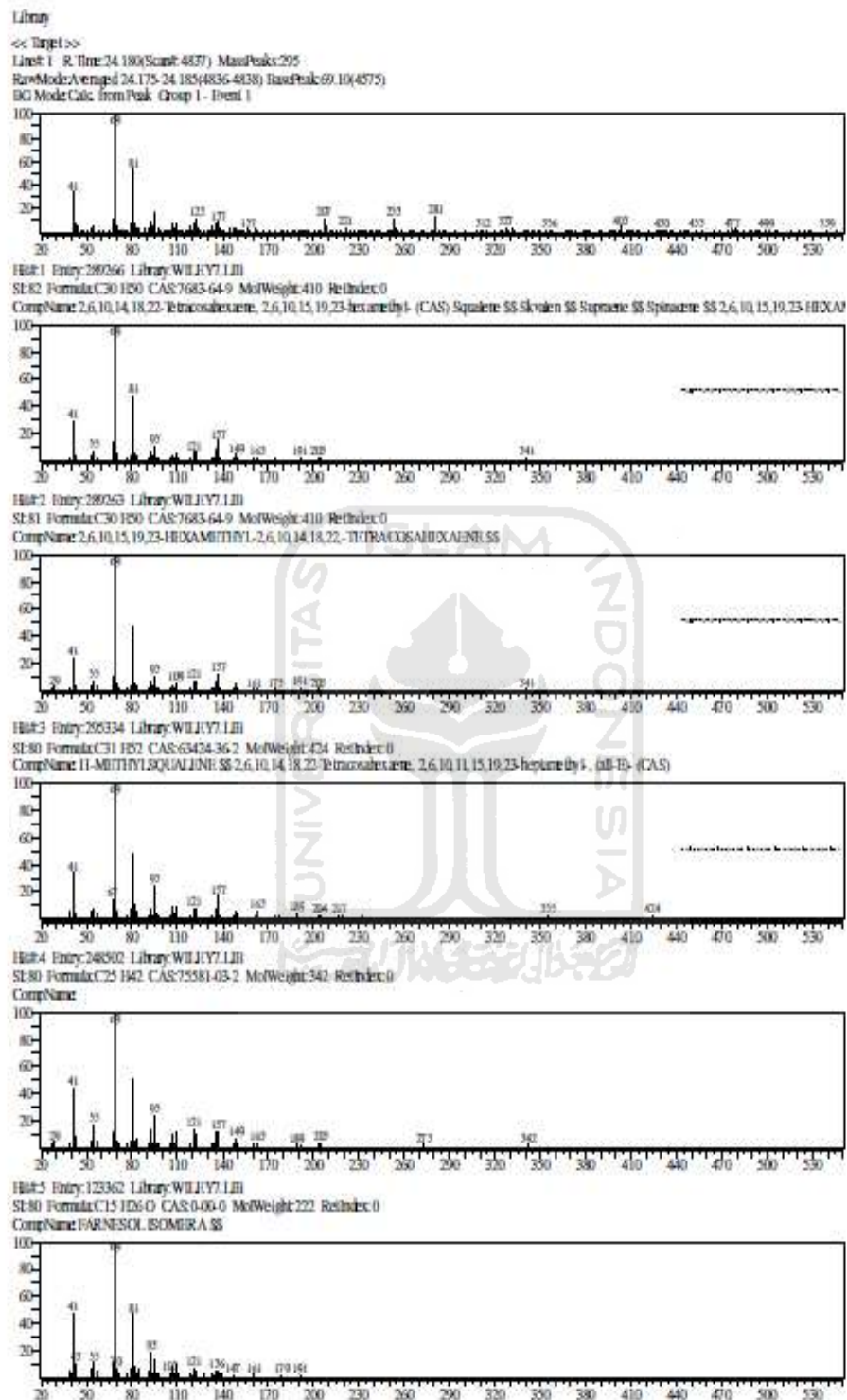
Gambar 14 Hasil elektrolisis minyak kelapa sawit

Lampiran 3. MS produk *Green Diesel*

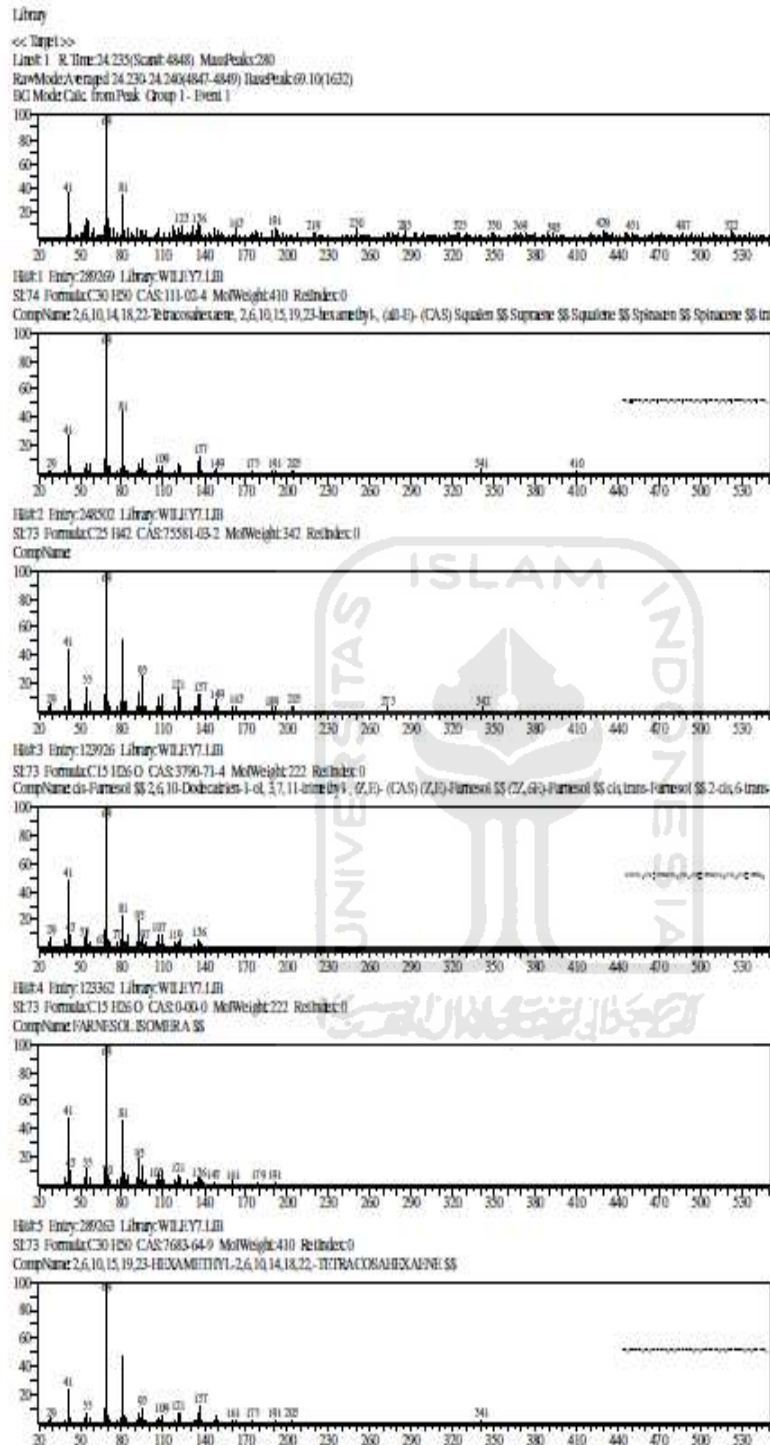




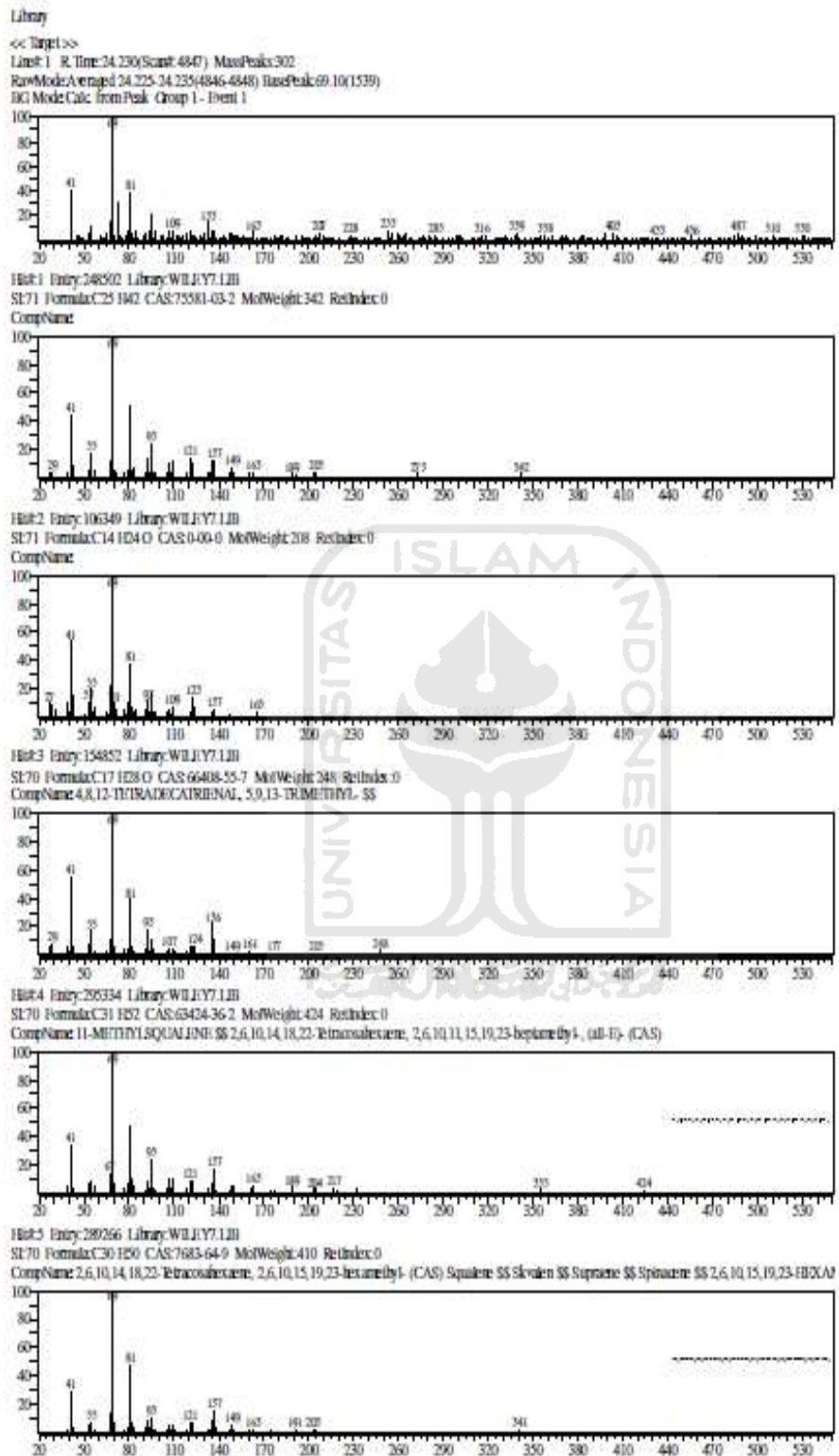
Gambar 16 Peak 2 MS Natrium hidroksida 0.03 M potensial listrik 3 V 2 jam



Gambar 17 MS Asam Fosfat 0.03 M Potensial Listrik 3 V 2 jam

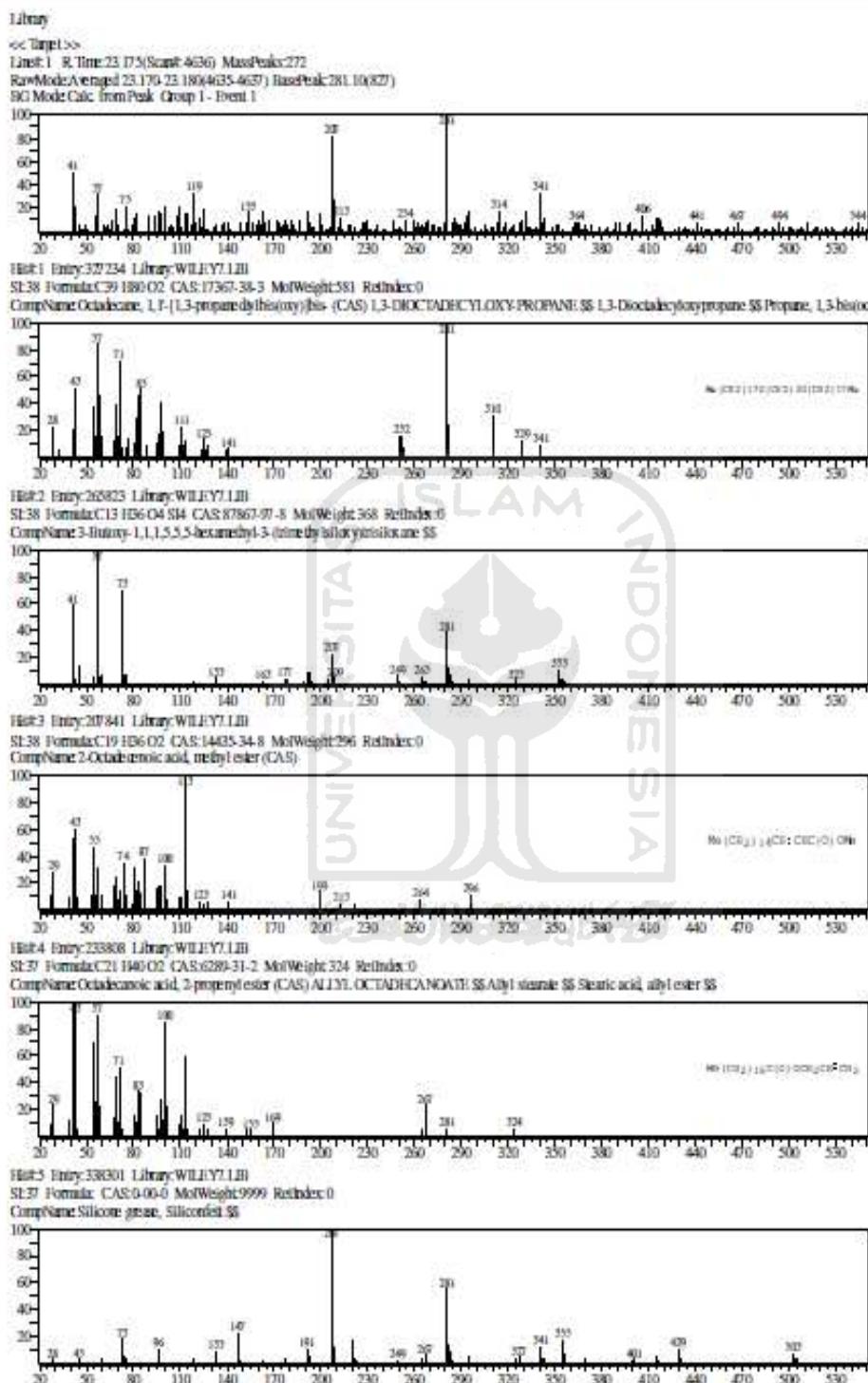


Gambar 18 MS Asam Fosfat 0.03 M Potensial Listrik 6 V 2 jam

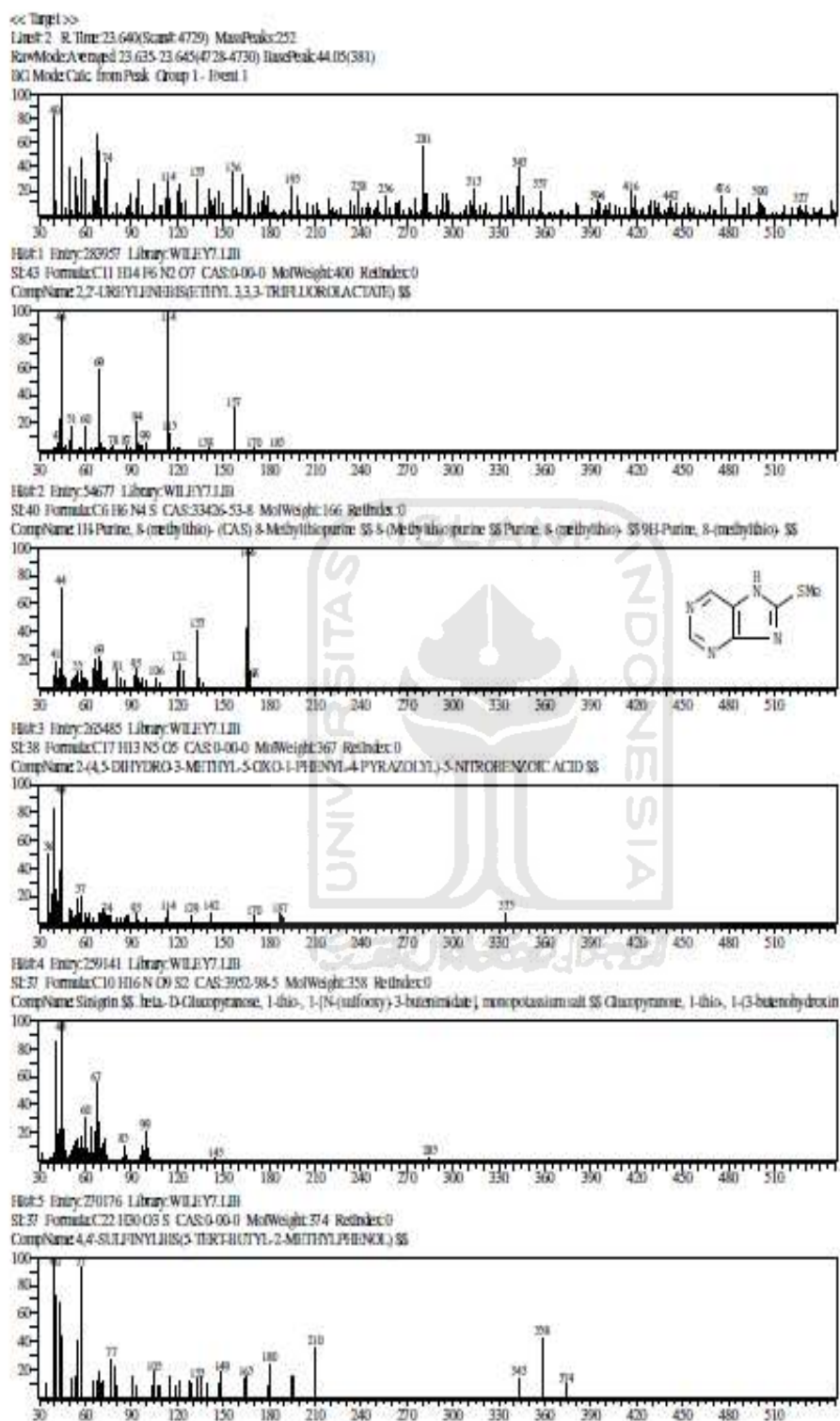


Gambar 19 MS Asam Fosfat 0.03 M Potensial Listrik 9 V 2 jam

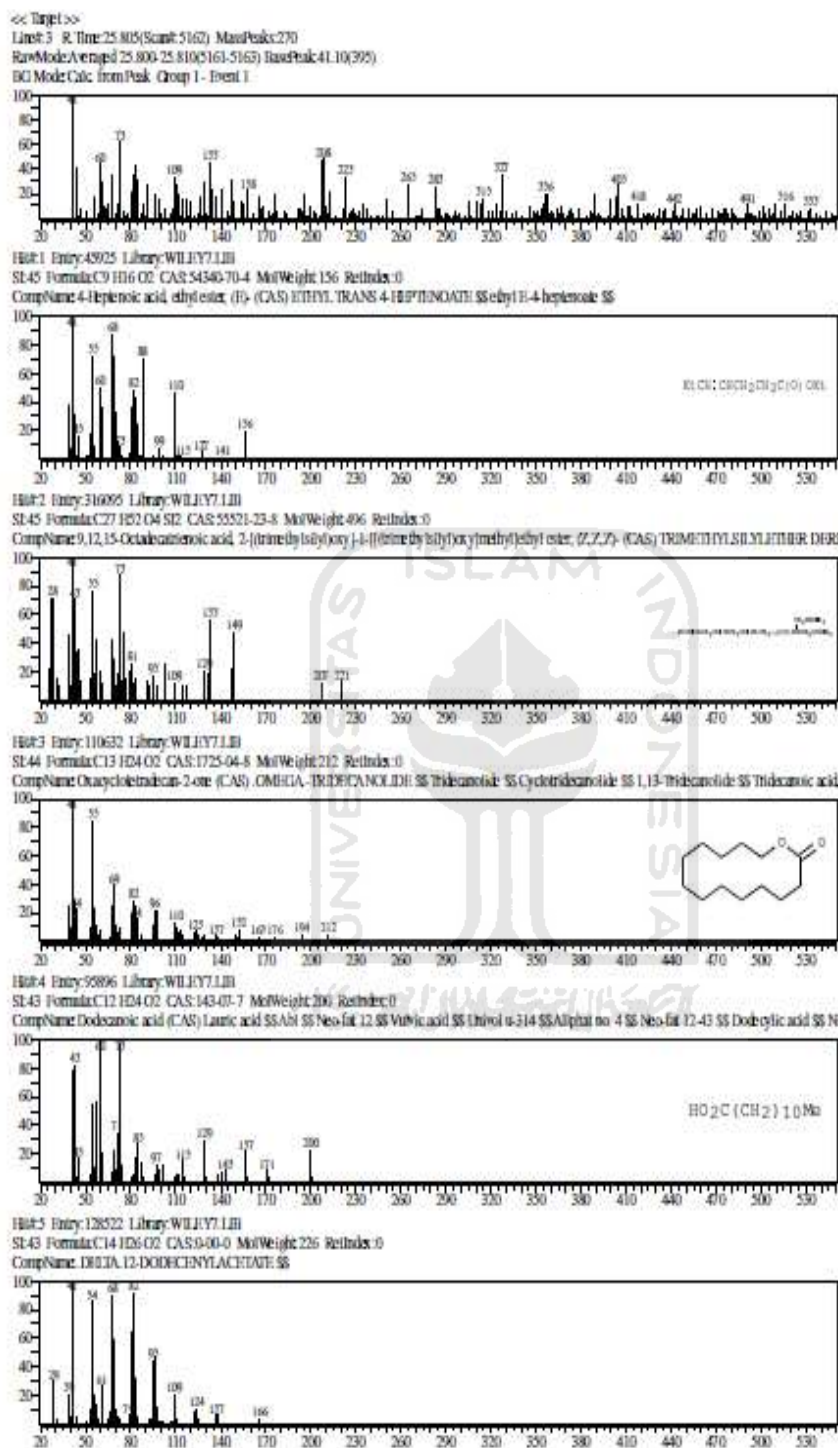
1. peak 1



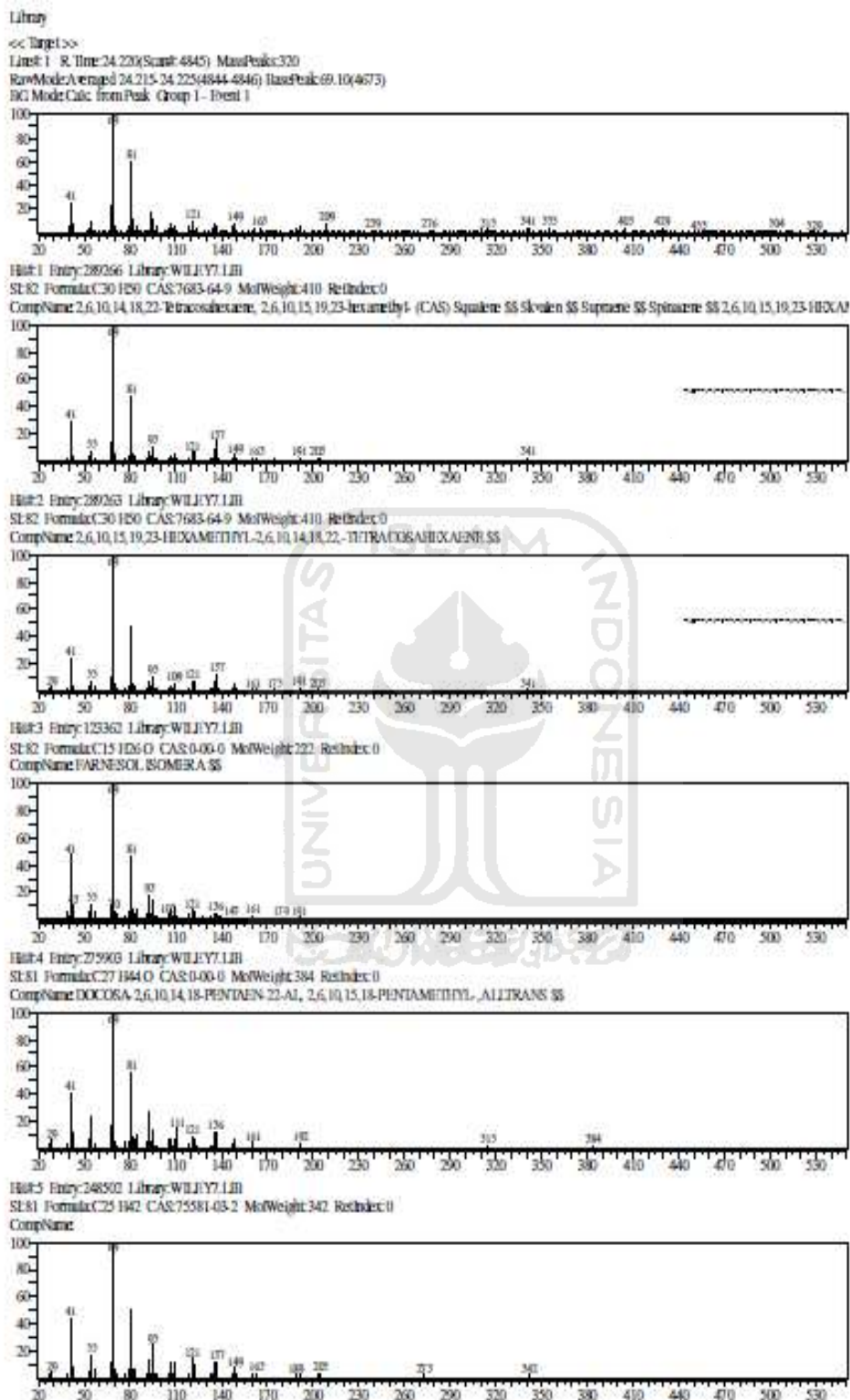
Gambar 20 peak 1 MS Asam fosfat 0.03 M potensial listrik 3 V 4 jam



Gambar 21 peak 2 MS Asam fosfat 0.03 M potensial listrik 3 V 4 jam



Gambar 22 Peak 3 MS Asam fosfat 0.03 M potensial listrik 3 V 4 jam



Gambar 23 MS Asam fosfat 0.03 M potensial listrik 3 V 6 jam