



**KONVERSI ASAM OLEAT MENGGUNAKAN METODE
HIDROGEN TRANSFER DENGAN KATALIS Ni-Mo/ γ -Al₂O₃**

SKRIPSI

Oleh

**Nuril Laili Mujidah
151810301029**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**KONVERSI ASAM OLEAT MENGGUNAKAN METODE
HIDROGEN TRANSFER DENGAN KATALIS Ni-Mo/ γ -Al₂O₃**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh:

**Nuril Laili Mujidah
NIM 151810301029**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. kedua orang tua tercinta, Ayahanda Sukandar, dan Ibunda Rofi'ah yang senantiasa mendukung, memberi motivasi, doa, cinta dan kasih sayang, menjadi penyemangat, dan mendidik untuk senantiasa dekat dengan Allah SWT;
2. adik tersayang, Dini Farichatul Masruro yang juga selalu mendokan dan memberikan semangat;
3. keluarga terkasih Mbah Su'ud dan Mbah Khadijah yang senantiasa memberikan nasihat;
4. bunda Siti Farida yang senantiasa mendukung dan menjadi tempat berbagi suka duka;
5. guru-guru di RA Muslimat NU Jatigono, MI Nurul Islam Jatigono, SMPN 1 Kunir, dan SMAN Kunir yang telah memberkan ilmu dan bimbingan dengan sabar dan baik;
6. Suwardiyanto, S.Si., M.Si., Ph.D dan Novita Andarini, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing serta Tanti Haryati, S.Si. M.Si dan Dr.Busroni, M.Si selaku Dosen Penguji;
7. almamater tercinta, jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lainnya” *)



*) HR. Ahmad, ath-Thabrani, ad-Daruqutni. Hadist ini dihasankan oleh al-Albani di dalam Shahihul Jami' no.3289.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Nuril Laili Mujidah

NIM : 151810301029

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Konversi Asam Oleat Menggunakan Metode Hidrogen Transfer dengan Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 Juni 2020

Yang menyatakan,

Nuril Laili Mujidah
NIM 151810301029

SKRIPSI

**KONVERSI ASAM OLEAT MENGGUNAKAN METODE
HIDROGEN TRANSFER DENGAN KATALIS Ni-Mo/ γ -Al₂O₃**

Oleh:

Nuril Laili Mujidah

NIM 151810301029

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Suwardiyanto, S.Si., M.Si., Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Novita Andarini, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Konversi Asam Oleat Menggunakan Metode Hidrogen Transfer dengan Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃” karya Nuril Laili Mujidah telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam pada:

hari, tanggal :

tempat :Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Suardiyanto, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197501291998021001

Novita Andarini, S.Si., M.Si
NIP. 197211122000032001

Anggota II,

Anggota III,

Tanti Haryati, S.Si., M.Si
NIP. 198010292005012002

Dr.Busroni, M.Si
NIP. 195905151991031007

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195910091986021001

RINGKASAN

Konversi Asam Oleat Menggunakan Metode Hidrogen Transfer dengan Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃; Nuril Laili Mujidah, 151810301029; 2020; 80 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Green diesel merupakan bahan bakar alternatif yang menyempurnakan kelemahan biodiesel. Biodiesel memiliki kelemahan yaitu nilai bilangan *cetane* yang rendah yakni 50-65 sedang *green diesel* memiliki bilangan *cetane* 70-90. *Green diesel* adalah senyawa alkana yang dihasilkan dari minyak nabati (minyak tumbuhan) melalui reaksi hidrogenasi. Produksi *green diesel* menggunakan gas hidrogen yang mahal dan juga mudah terbakar sehingga alternatif yang adalah mengganti gas hidrogen dari sumber lain (hidrogen transfer) yaitu asam format. Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ adalah katalis heterogen yang sering digunakan untuk memproduksi *green diesel* karena memiliki situs aktif yang mampu mengkonversi hingga 92,9%. Faktor yang mempengaruhi produksi *green diesel* adalah suhu dan jumlah hidrogen yang digunakan sehingga pada penelitian ini dilakukan variasi suhu 200, 225, dan 250 °C dengan perbandingan mol asam oleat:asam format 3:1; 4:1; dan 5:1.

Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ disintesis dengan metode impregnasi basah, dengan 3%wt Ni dari prekursor Ni(NO₃)₂.6H₂O ; 12%wt Mo dari prekursor *Ammonium Heptamolybdate Tetrahydrate* dan 85%wt γ -Al₂O₃ dan dikalsinasi selama 1 jam pada suhu 500 °C. Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dan γ -Al₂O₃ dikarakterisasi dengan XRD. Kinerja aktivitas katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ diuji dengan reaksi hidrogen transfer asam oleat dengan asam format. Hasil cairan yang diperoleh dari semua variasi suhu dan perbandingan mol dihitung nilai konversinya menggunakan GC dan dianalisis komponen senyawanya menggunakan GC-MS.

Hasil karakterisasi katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ menggunakan XRD menunjukkan jika Ni dan Mo dari prekursornya terdistribusi pada γ -Al₂O₃ namun masih terdapat agregat MoO₃ yang disebabkan oleh suhu kalsinasi yang terlalu tinggi dan juga konsentrasi Mo yang digunakan terlalu besar sedangkan tidak

ditemukan puncak difraktogram Ni. Analisis yang pertama dilakukan yaitu pengaruh variasi perbandingan jumlah mol terhadap konversi. Semakin besar perbandingan mol (3:1; 4:1; dan 5:1) yang digunakan maka nilai konversinya meningkat yaitu dari 0,855%; 100% dan 100%. Semakin tinggi konsentrasi asam format yang digunakan maka semakin banyak asam format yang terdekomposisi menjadi H_2 . Analisis kedua yaitu pengaruh variasi suhu terhadap konversi diperoleh suhu terbaik $200\text{ }^\circ\text{C}$ dengan konversi 100% sedangkan pada suhu $225\text{ }^\circ\text{C}$ dan suhu $250\text{ }^\circ\text{C}$ mengalami penurunan menjadi 89,740% dan 71,809%. Secara teoritis semakin tinggi suhu reaksi yang digunakan dapat menghasilkan jumlah gas H_2 dari asam format yang dihasilkan semakin besar, sehingga jumlah reaksi gas H_2 dengan asam oleat juga semakin tinggi dan juga meningkatkan nilai konversi. Namun pada penelitian ini semakin tinggi suhu maka nilai konversinya semakin menurun yang dimungkinkan suhu yang digunakan terlalu tinggi dan juga hidrogenasi pada suhu sekitar $200\text{ }^\circ\text{C}$ terjadi reaksi addisi. Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa telah terjadi konversi asam oleat menjadi asam stearat dengan reaksi yang terjadi yaitu reaksi addisi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang diperoleh yaitu katalis Ni-Mo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ hasil sintesis menunjukkan bahwa Ni terimpregnasi merata pada penyangga $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ sedangkan Mo terbentuk agregat MoO_3 yang disebabkan oleh tingginya suhu kalsinasi dan konsentrasi prekursor yang terlalu besar. Asam format dengan jumlah mol yang besar akan meningkatkan nilai konversi. Konversi tertinggi pada perbandingan mol 4:1 dan 5:1 sebesar 100% sedangkan pada peningkatan suhu, nilai konversi asam oleat semakin menurun hal ini kemungkinan disebabkan oleh suhu $225\text{ }^\circ\text{C}$ dan $250\text{ }^\circ\text{C}$ yang digunakan terlalu tinggi mengingat reaksi yang berlangsung adalah reaksi hidrogen transfer dari asam format dimana asam format sebagai pelarut akan menurunkan titik didih dari senyawa yang dikatalisis. Konversi tertinggi diperoleh pada suhu $200\text{ }^\circ\text{C}$ dengan konversi sebesar 100%. Nilai konversi yang diperoleh yaitu dari reaksi addisi asam oleat menjadi asam stearat.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Konversi Asam Oleat Menjadi *Green* Diesel Menggunakan Metode Hidrogen Transfer dengan Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan penulis waktu, kesehatan, serta kesabaran dalam segala hal sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Bapak Suwardiyanto, S.Si., M.Si., Ph.D dan Ibu Novita Andarini, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing dengan sabar dalam penyusunan skripsi ini;
5. Ibu Tanti Haryati, S.Si., M.Si., dan Bapak Dr. Busrono, M.Si selaku Dosen Penguji yang telah berkenan untuk menguji skripsi ini dan memberikan nasehat, koreksi, kritik dan saran untuk pengembangan diri dan menyempurnakan penyusunan skripsi ini;
6. Ibu Drh. Wuryanti Handayani, M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan nasihat dan masukan dalam konsultasi perkuliahan;
7. Kedua orang tua, Ayahanda Sukandar dan Ibunda Rofi'ah yang selalu memberikan dukungan, doa, dan motivasi dari segi materiil maupun non materiil;
8. Diri sendiri yang selalu mempertahankan semangat dalam kondisi baik maupun buruk sehingga mampu bertahan untuk penyelesaian skripsi ini;
9. Sahabat terkasih, Nur cahyani, Nihlatur Rahma, Rosita, Ageliya, Retno, Nasrul, Maysa Berta dan Desi atas doa, motivasi dan semangat yang diberikan;

10. Teman-teman Keris Anorganik Ais, Mas Jamal, Mas Nuke, Landep, Okky, Desya, Qori atas motivasi, bantuan, semangat, dan menjadi bagian dari perjalananku;
11. Keluarga Besar Chrypton, atas kekeluargaan, persaudaraan, motivasi, perhatian, dan pengalaman yang telah diberikan;
12. Semua pihak yang turut membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu
Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 24 Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Green Diesel.....	6
2.2 Asam Oleat.....	6
2.3 Katalis	7
2.3.1 Katalis secara umum	7
2.3.2 Katalis heterogen NiMo/ γ -Al ₂ O ₃	9
2.4 Reaksi Pembentukan Green Diesel	12
2.5 Reaksi Hidrogen Transfer Dengan Asam Format.....	13

2.6 X-Ray Diffraction Ni-Mo/ γ -Al ₂ O ₃	17
2.7 Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GC-MS)	19
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.2.1 Alat	22
3.2.2 Bahan.....	22
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.4 Prosedur Penelitian.....	24
3.4.1 Sintesis Katalis Ni-Mo/ γ - Al ₂ O ₃	24
3.4.2 Karakterisasi Katalis Ni-Mo/ γ - Al ₂ O ₃	24
3.4.3 Reaksi Hidrogen Transfer Asam Oleat.....	24
3.4.4 Desain Reaktor untuk Reaksi Hidrogen Transfer	25
3.4.5 Penentuan Kinerja Katalis dengan Kromatografi Gas.....	27
3.4.6 Analisis Hasil Reaksi Hidrogen Transfer Asam Oleat dengan GC-MS	27
3.4.7 Tabulasi Data	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil Sintesis dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/ γ - Al ₂ O ₃	29
4.2 Hasil analisis dengan GC (<i>Gas Chromatography</i>) dan GC-MS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectroscopy</i>).	32
4.3 Pengaruh Perbandingan Jumlah Mol terhadap Konversi	36
4.4 Pengaruh Suhu terhadap Konversi.....	38
BAB 5. PENUTUP.....	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

2.1 Perbandingan Petroleum diesel, Biodiesel dan Green diesel	6
2.2 Sifat fisika kimia asam oleat	7
2.3 Sifat fisika kimia asam format	14
3.1 Variasi perbandingan mol dan suhu	25
3.2 Spesifikasi reaktor	26
3.3 Keterangan desain reaktor	26
3.4 Karakterisasi yang dilakukan	27
4.1 Senyawa yang ada dalam sampel awal berdasarkan data GC-MS	33

DAFTAR GAMBAR

2.1 Proses pembentukan green diesel.....	6
2.2 Struktur asam oleat.....	6
2.4 Konversi oksigenat, yield oktadekana dan heptadekana.....	11
2.5 Yield produk samping dan intermediet.....	12
2. 6 Reaksi konversi trigliserida menjadi green diesel.....	12
2.7 Struktur Asam Format.....	14
2.8 Efek variasi suhu pada konversi asam stearat.....	15
2.9 Jalur reaksi konversi asam linoleat menjadi heptadekana.....	16
2.10 Konversi gliserol dan selektifitas 1,2-PDO dengan perbedaan rasio molar asam format dan gliserol.....	17
2.11 Difraksi sinar-X pada kisi kristal.....	18
2.12 Hasil XRD untuk γ -Al ₂ O ₃ dan Ni-Mo/ γ -Al ₂ O ₃	19
2.13 Keterangan pembacaan spektra massa.....	20
2.14 Kromatogram GC-MS green diesel minyak sawit mentah.....	21
3.1 Reaktor batch 4744.....	25
3.2 Desain bagian dalam reaktor.....	26
4.1 Sintesis katalis (a) γ -Al ₂ O ₃ teraktivasi (b) Ni-Mo/ γ -Al ₂ O ₃ sebelum kalsinasi dan (c) Ni-Mo/ γ -Al ₂ O ₃ setelah kalsinasi.....	29
4.2 Hasil difraktogram (a) Ni-Mo/ γ -Al ₂ O ₃ , (b) γ -Al ₂ O ₃ , (c) γ -Al ₂ O ₃ (ICSD-95302), dan (d) MoO ₃ (ICSD-152313).....	31
4. 3 Profil kromatogram dari berbagai variasi perbandingan mol.....	36
4.4 Konversi dari asam oleat, laurat dan stearat pada berbagai variasi perbandingan mol asam format dan asam oleat.....	37
4. 5 Konversi dari asam oleat, laurat dan stearat pada berbagai variasi suhu.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

3.1 Perhitungan Preparasi Katalis	41
3.2 Penentuan Massa Jenis Asam Oleat dengan Piknometer	45
3.3 Penentuan Berat Molekul Asam Oleat	45
3.4 Perhitungan perbandingan mol asam format : asam oleat	46
3.5 Perhitungan pembuatan larutan standar	47
3.6 Perhitungan Konversi Asam Lemak	49
3.7 Hasil karakterisasi X-Ray Diffraction	51
3.8 Hasil kromatogram GC	53
3.9 Hasil kromatogram GC- MS	53

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang umumnya dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi atau esterifikasi antara minyak (trigliserida) dan alkohol rantai pendek (metanol atau etanol). Biodiesel memiliki kelemahan diantaranya yaitu stabilitas penyimpanan yang buruk, sifat aliran pada kondisi dingin kurang stabil, stabilitas oksidasi yang rendah dan nilai bilangan *cetane* yang rendah (Mikkonen, 2008).

Kelemahan biodiesel tersebut dapat diatasi dengan mengubah asam lemak (trigliserida) menjadi alkana rantai lurus yang lebih stabil yaitu *green* diesel. *Green* diesel atau biodiesel generasi kedua adalah turunan dari bilangan *cetane* yang rendah biodiesel yang menyempurnakan kelemahan dari biodiesel. Hal ini dikarenakan *green* diesel merupakan senyawa alkana yang dihasilkan dari minyak nabati (minyak tumbuhan) melalui reaksi hidrogenasi. *Green* diesel memiliki bilangan *cetane* 70-90 yang jauh lebih tinggi dari bilangan *cetane* biodiesel yaitu 50-65. Bilangan *cetane* ini menunjukkan kualitas bahan bakar, dimana semakin tinggi maka pembakaran akan semakin sempurna (Kalnes dkk., 2007). Kelebihan lain dari *green* diesel yaitu menghasilkan campuran hidrokarbon yang bebas oksigen (stabilitas oksidasi tinggi), pembakaran yang sempurna, densitas energi yang tinggi, tidak menghasilkan produk samping yang membutuhkan perlakuan tambahan, dan memiliki performa yang lebih baik pada kondisi dingin (Sotelo dkk., 2012).

Produksi *green* diesel selain dipengaruhi oleh metode yang digunakan juga dipengaruhi oleh bahan baku (*feed stock*) yang digunakan, katalis, dan kondisi reaksi (Ameen dkk., 2017). Bahan baku yang sering digunakan sebagai sampel adalah minyak nabati dan asam lemak. Jenis asam lemak yang digunakan sangat berpengaruh terhadap hasil yang diperoleh. Asam lemak banyak terdapat pada

minyak kelapa sawit. Indonesia sendiri merupakan negara penghasil kelapa sawit yang besar di wilayah Asia. Komposisi asam lemak pada minyak kelapa sawit yaitu 42,5% asam palmitat, 4% asam stearat, 43% asam oleat, dan 9,5% asam linoleat (Wijarnako dkk., 2006). Asam oleat digunakan pada penelitian Salam dkk. (2018) yang dikonversi menjadi oktadekana dan heptadekana dengan nilai yield yang semakin meningkat seiring bertambahnya waktu.

Produksi *green* diesel dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti hidroleoksisasi, dekarboksilasi, dan dekarbonilasi. Ketiga metode tersebut menghasilkan produk utama alkana rantai lurus (*green* diesel) dengan produk samping yang berbeda-beda (Ruppert dkk., 2012). Produksi *green* diesel dengan ketiga metode diatas telah dilakukan oleh Harnos dkk. (2012) yang memproduksi *green* diesel dari minyak bunga matahari. Kondisi optimum dari metode hidroleoksisasi, dekarboksilasi dan dekarbonilasi ditunjukkan pada suhu 613K dan tekanan gas H₂ sekitar 21 bar. Kelemahan ketiga metode tersebut ada pada penggunaan gas H₂. Konsumsi gas H₂ pada ketiga metode tersebut sangat tinggi sehingga berdampak pada peningkatan biaya produksi (*cost production*) (Sotelo dkk., 2012).

Kelemahan ketiga metode tersebut dapat diatasi dengan menggunakan pelarut donor hidrogen untuk menggantikan gas H₂ selama reaksi berlangsung. Hidrogen transfer adalah suatu reaksi penambahan hidrogen ke dalam molekul dari sumber hidrogen selain gas H₂. Kelebihan dari metode hidrogen transfer yaitu kemudahan operasional dan meminimalisir risiko terkait dengan penggunaan gas H₂ yang mudah terbakar (Donnis dkk., 2009).

Asam format sering digunakan sebagai sumber hidrogen menggantikan gas H₂ karena asam format dapat menghasilkan konversi yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan penelitian Yuan dkk., (2013), pada konversi gliserol menjadi 1,2-propanadiol dengan menggunakan asam format sebagai sumber hidrogen yang memvariasikan perbandingan mol asam format : gliserol (1:1; 1:2; 2:1; dan 3:1) dan didapatkan konversi 89% dengan selektifitas 97% pada perbandingan mol asam format : gliserol 1:1. Kondisi reaksi yaitu pada suhu 200°C selama 5 jam.

Jenis katalis yang umum digunakan untuk reaksi hidroleoksidasi adalah katalis heterogen yang disupport dengan bahan lain yang mampu meningkatkan luas permukaan. Berdasarkan penelitian Veriansyah dkk., (2012), yang memproduksi *green* diesel dari minyak kedelai dengan variasi jenis katalis yang disupport dengan γ -Al₂O₃ diperoleh katalis paling optimum yang digunakan adalah 5%wt Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dengan konversi yang dihasilkan sebesar 92,9%. Penelitian lain yang menggunakan katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ yang didapatkan dengan metode impregnasi basah untuk produksi *green* diesel dari minyak biji karet diperoleh konversi 63,3% (Ameen dkk., 2018).

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian tentang konversi asam oleat menjadi *green* diesel menggunakan metode hidrogen transfer dengan katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dengan memvariasikan suhu reaksi dan perbandingan mol asam oleat dan asam format. Hasil reaksi hidrogen transfer asam oleat akan dianalisis menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut maka dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana karakter katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ yang digunakan untuk mengkonversi asam oleat?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu dan perbandingan jumlah mol asam format dengan asam stearat yang digunakan terhadap konversi asam?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakter katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ yang digunakan untuk mengkonversi asam oleat.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi suhu dan perbandingan jumlah mol asam format dengan asam oleat dalam konversi asam oleat.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Asam lemak yang digunakan pada penelitian ini adalah asam oleat 88,99% Merck.
2. Donor asam pada metode hidrogen transfer untuk produksi *green* diesel adalah asam format (HCOOH) pro analysis dari Merck.
3. Katalis yang digunakan yaitu 5% Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dari sintesis menggunakan metode impregnasi basah.
4. Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor *batch type* 4744 parr instrument.

1.5 Manfaat Penelitian

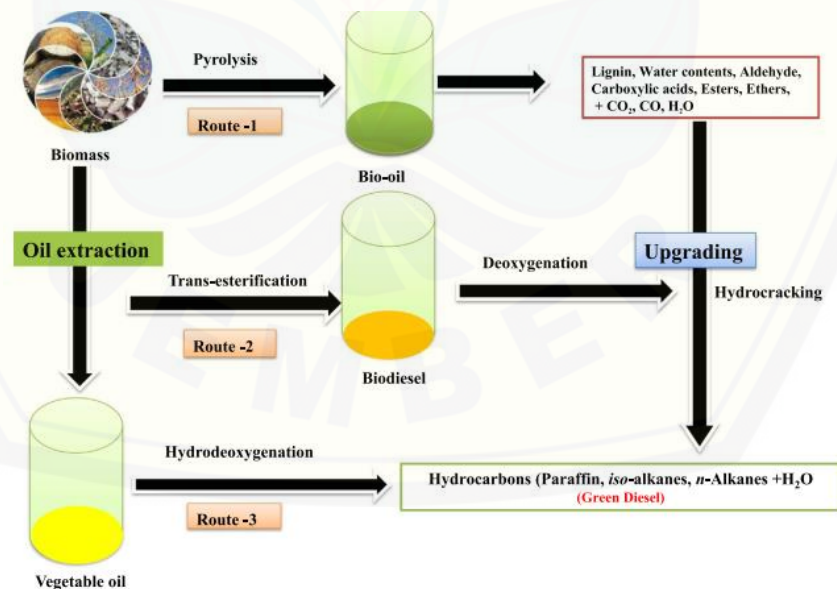
Manfaat penelitian ini diantaranya yaitu:

1. Memberikan solusi dalam produksi *green* diesel sebagai energi alternatif terbarukan melalui metode hidrogen transfer.
2. Memberikan informasi mengenai suhu optimum pada produksi *green* diesel menggunakan metode transfer hidrogen.
3. Memberikan informasi tentang perbandingan mol asam oleat dan asam format yang optimum pada produksi *green* diesel.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Green Diesel

Green diesel merupakan sumber energi alternatif yang saat ini banyak dikembangkan untuk memenuhi tingkat kebutuhan energi masyarakat dunia. *Green* diesel atau yang biasa dikenal sebagai *renewable* diesel adalah turunan dari biodiesel (generasi kedua). *Green* diesel adalah minyak yang diperoleh dengan cara mengubah asam lemak (trigliserida) menjadi alkana rantai lurus yang lebih stabil. *Green* diesel menyempurnakan kelemahan dari biodiesel seperti sifat aliran yang mudah diganggu (kurang stabil), stabilitas penyimpanan yang buruk, stabilitas oksidasi yang rendah dan nilai bilangan *cetane* yang rendah (Sotelo dkk., 2012). *Green* diesel ini biasanya dihasilkan melalui proses hidrogenasi minyak nabati (trigliserida) yang ramah lingkungan sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan lebih kecil dari biodiesel (Salamah dan Setyawan, 2013). Proses pembentukan *green* diesel dari bahan baku biomasa secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses pembentukan green diesel
(Sumber:Ameen dkk., 2017)

Green diesel umumnya dihasilkan dari reaksi hidrogenasi untuk mendapatkan senyawa alkana rantai lurus. Hidrogenasi merupakan reaksi pemutusan ikatan

rangkap menjadi ikatan tunggal dengan hidrogen yang memerlukan bantuan katalis yang akan menghasilkan senyawa alkana rantai lurus (*green diesel*). *Green diesel* dikatakan generasi kedua dari biodiesel karena memiliki kelebihan antara lain yaitu memiliki bilangan *cetane* sebesar 70-90 yang lebih tinggi dibandingkan bilangan *cetane* biodiesel 50-65 (Kalnes dkk., 2007). Kelebihan lain dari *green diesel* yaitu akan menghasilkan campuran hidrokarbon yang bebas oksigen (stabilitas oksidasi tinggi) sehingga menjadi ramah lingkungan, pembakaran gas sempurna, densitas energi yang tinggi, tidak menghasilkan produk samping yang membutuhkan perlakuan khusus, dan memiliki performa yang lebih baik pada kondisi dingin (Mikkonen, 2008). Perbandingan *green diesel*, biodiesel dan petroleum diesel disajikan pada Tabel 2.1.

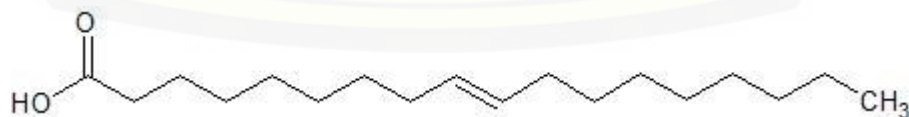
Tabel 2.1 Perbandingan Petroleum diesel, Biodiesel dan Green diesel

Parameter	Petroleum diesel	Biodiesel (FAME)	<i>Green diesel</i>
Persentase oksigen	0	11	0
Massa jenis	0,84	0,88	0,78
Kandungan Belerang	>10	>1	>1
Nilai Kalor (MJ/Kg)	43	38	44
<i>Cloud Point</i>	-5	-5 s/d 15	-10 s/d 20
<i>Cetane Number</i>	40	50-65	70-90
Stabilitas	Baik	Kurang baik	Baik

(Sumber : Homlgren, 2007).

2.2 Asam Oleat

Green diesel dapat dibuat dengan menggunakan bahan baku asam lemak. Salah satu asam lemak yang dapat digunakan untuk pembuatan *green diesel* adalah asam oleat. Asam oleat adalah asam lemak yang memiliki atom C sebanyak 18 dengan 1 ikatan rangkap. Struktur asam oleat ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur asam oleat

Asam oleat memiliki rumus molekul $C_{18}H_{34}O_2$ dengan nama IUPAC asam *cis*-9-oktadekenoat. Asam oleat dalam suhu kamar berwujud cairan berminyak,

berwarna kuning dengan berat molekul 282,46 gram/mol (Young, 2002). Sifat fisik kimia dari asam oleat ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat fisika kimia asam oleat

Rumus molekul	$C_{18}H_{34}O_2$
Berat molekul	282,46 gram/mol
Massa jenis	0,89 g/cm ³
Titik leleh	13-14°C
Titik didih	360°C
Warna	Kuning

(Sumber: Young, 2002).

Hollak dkk., (2013) telah melakukan penelitian membandingkan katalis 5% wt Mo_2C dan W_2C yang disupport dengan CNF (*Carbon Nano Fibers*) untuk reaksi hidrodeoksigenasi asam oleat. Kondisi reaksi pada suhu 350°C dengan waktu 1 jam dan tekanan gas H_2 50 barr. Reaktor yang digunakan *autoclave batch* diperoleh hasil konversi dan selektifitas maksimum sebesar 70% dan 26% pada katalis W_2C/CNF . Produk yang dihasilkan yaitu oktadekana dan heptadekana.

Konversi asam linoleat menjadi heptadekana yang melalui jalur asam oleat juga telah dilakukan oleh Besse dkk. (2016), menggunakan metode hidrogen transfer dengan campuran etanol dan air sebagai sumber hidrogen. Kondisi reaksi 350°C, waktu 6 jam dan dilakukan dalam reaktor *batch* diperoleh *yield* >80%. Katalis yang digunakan adalah Pt/C dengan rasio perbandingan *volume* asam linoleat dalam campuran etanol dan air (1:1). Jalur konversi yang terjadi yaitu dari asam linoleat – asam oleat - asam stearat - etil stearat - heptadekana.

2.3 Katalis

2.3.1 Katalis secara umum

Katalis adalah bahan atau zat yang digunakan dalam suatu reaksi untuk meningkatkan kecepatan atau laju reaksi agar reaksi dapat berjalan secara cepat. Katalis ini bekerja dengan cara menurunkan energi aktivasi sehingga didapatkan kecepatan reaksi yang lebih besar tanpa mempengaruhi harga konstanta kesetimbangan reaksi (Richardson, 1989).

Katalis secara umum dikelompokkan menjadi dua yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang fase katalis sama dengan fase pereaksi sedangkan katalis heterogen adalah katalis yang memiliki

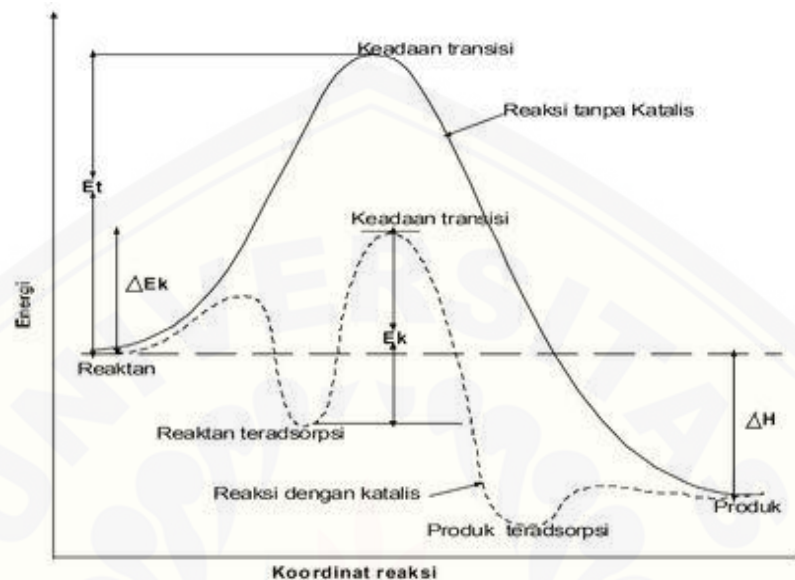
fase berbeda antara katalis dan pereaksinya (Richardson, 1989). Beberapa katalis ada yang diemban (*support*). Hal ini akan mengakibatkan distribusi merata pada seluruh permukaan katalis sehingga katalis jenis ini merupakan katalis yang baik. Material yang biasa digunakan untuk pengemban yaitu terdiri dari satu atau lebih oksida logam seperti logam silika, alumina, zeolit dan zirkonia. Keuntungan dari *supported* katalis yaitu dapat meningkatkan luas permukaan logam aktif dibandingkan tanpa pengemban, keadaan partikel akan lebih stabil karena logam berada pada keadaan terdispersi, dan dengan adanya pengemban dapat menambah tingkat katalitik dari logam. Katalis yang terlibat dalam suatu reaksi bersifat tidak permanen, artinya katalis dan reaktan akan terlibat interaksi dahulu sebelum suatu reaksi berlangsung membentuk produk. Hasil interaksi antara katalis dengan reaktan adalah produk intermediet reaktif yang dapat membentuk produk (Trisunaryanti, 2018).

Mekanisme yang terjadi pada katalis heterogen secara garis besar melibatkan proses adsorpsi dan desorpsi. Proses adsorpsi akan membawa molekul reaktan menuju sisi aktif katalis dan membentuk *intermediet* tertentu, kemudian terjadi proses desorpsi atau pelepasan produk menuju lingkungan luar. Adapun tahapan reaksi katalitik dengan katalis heterogen adalah sebagai berikut:

- a. Difusi (transfer massa) reaktan menuju permukaan luar dari katalis.
- b. Difusi reaktan dari mulut pori melalui pori-pori katalis menuju daerah sekitar permukaan bagian dalam katalis.
- c. Adsorpsi (kemisorpsi, fisisorpsi) reaktan pada permukaan katalis.
- d. Reaksi reaktan pada permukaan katalis.
- e. Desorpsi produk reaksi dari permukaan katalis.
- f. Difusi dari permukaan bagian dalam melalui pori katalis menuju mulut pori pada permukaan luar katalis.
- g. Difusi (transfer massa) produk dari permukaan luar katalis.

(Augustine, 1996).

Katalis dan reaktan yang berinteraksi membentuk produk intermediet ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram energi reaksi
(Sumber: Gasser, 1985)

Berdasarkan Gambar 2.3 diagram energi reaksi, dapat diketahui bahwa reaktan mula-mula akan berdifusi ke permukaan katalis sehingga terjadi adsorpsi dan dilanjutkan dengan reaksi antara reaktan dengan permukaan katalis. Reaksi ini kemudian akan menghasilkan energi aktivasi (E_k). Energi aktivasi tanpa penambahan katalis disebut (E_t) dan ΔH adalah selisih antara energi produk dengan energi reaktan (Gasser, 1985).

2.3.2 Katalis heterogen NiMo/ γ -Al₂O₃

Katalis heterogen dapat digunakan dalam suatu reaksi jika fase katalis berbeda dengan pereaksi. Katalis heterogen dalam aplikasinya memiliki beberapa keunggulan, antara lain dapat direcovery, dapat digunakan kembali dan mudah dipisahkan dengan produk reaksi. Katalis NiMo/ γ -Al₂O₃ memiliki porositas yang tinggi dan memiliki aktivitas tinggi pada proses hidrogenolisis (Richardson, 1989).

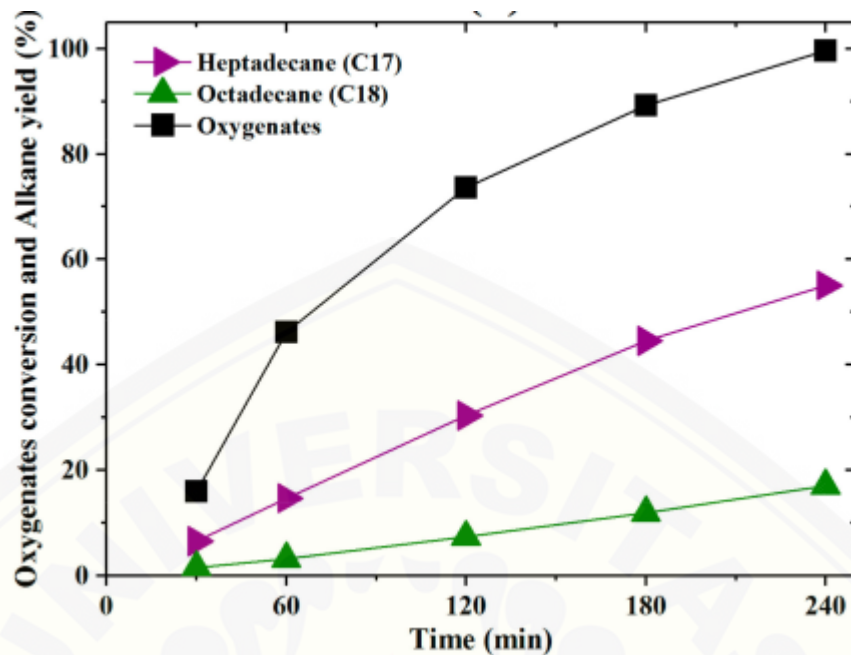
γ -Al₂O₃ merupakan golongan alumina transisi yang dapat bertindak sebagai katalis, adsorben dan juga penyangga katalis. Hal ini dikarenakan γ -Al₂O₃

memiliki luas permukaan 150-300 m²/g dengan volume pori 0,5-1 cm³/g. γ -Al₂O₃ stabil pada berbagai suhu dalam proses reaksi katalitik dan memiliki situs aktif (*active site*) pada permukaan secara katalitik (Tsani, 2011).

Veriansyah dkk. (2012) telah melakukan penelitian produksi *green* diesel dari minyak kedelai dengan memvariasikan berbagai jenis katalis. Katalis yang digunakan yaitu masing-masing 5% wt Ni-Mo/ γ -Al₂O₃, Pd/ γ -Al₂O₃, CoMo/ γ -Al₂O₃, Ni/SiO₂-Al₂O₃, Pt/ γ -Al₂O₃ dan Ru/ Al₂O₃. Konversi yang dihasilkan dari berbagai katalis yaitu Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ (92,9%), Pd/ γ -Al₂O₃ (91,9%), CoMo/ γ -Al₂O₃ (78,9%), Ni/SiO₂-Al₂O₃ (60,8%), Pt/ γ -Al₂O₃ (50,8%), dan Ru/ Al₂O₃ (39,7%). Hasil konversi tertinggi diperoleh pada katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dengan komposisi produk *n*-C₁₇ dan *n*-C₁₅ alkana cair.

Produksi *green* diesel dari minyak biji karet dilakukan pada suhu 350 °C, tekanan gas H₂ 35 bar dilakukan dalam *fixed bed tubular reactor* dengan *Residence Time* (WHSV = 1 h⁻¹). Katalis yang digunakan adalah Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dengan pelakuan metode sintesis yang berbeda yaitu impregnasi basah dan sonokimia. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kinerja katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ yang disintesis secara sonokimia memiliki luas permukaan yang relatif lebih tinggi, ukuran partikel nano, distribusi lebih merata pada permukaan dan kristalinitasnya lebih tinggi dari sintesis secara impregnasi basah. Kinerja katalitik Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ yang disintesis secara sonokimia 80,87% sedangkan Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ yang disintesis secara impregnasi basah hanya berkisar 63,3% (Ameen dkk., 2018).

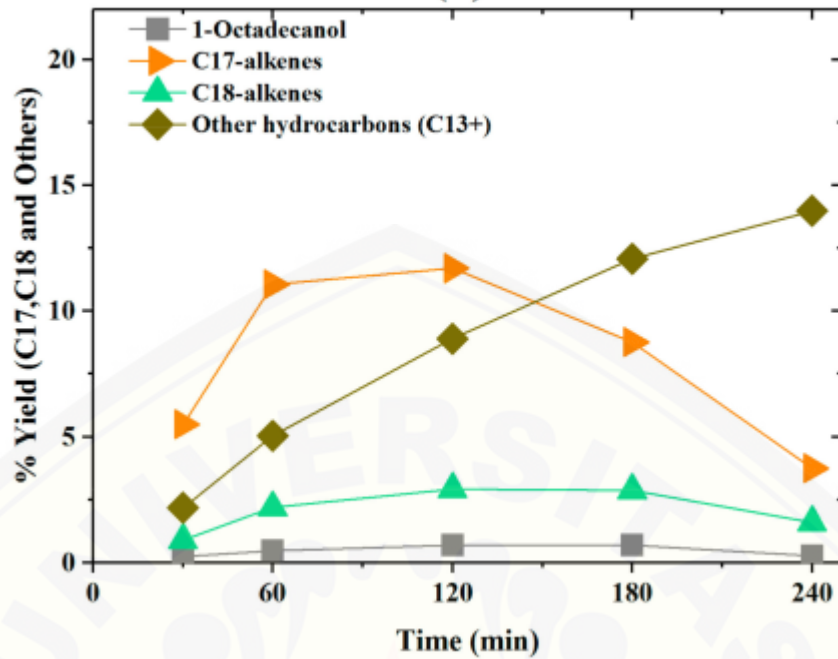
Aktivitas katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ diuji pada reaksi hidroleoksidasi biomassa yaitu mikro alga yang banyak mengandung asam oleat dan asam stearat. Reaksi ini menggunakan reaktor *batch* dengan tekanan 54 bar dan suhu 320°C serta waktu 4 jam. Hasil akhir yang didapatkan yaitu *yield* 70% dari asam oleat dengan produk yang dihasilkan heptadekana dan oktadekana. Konversi dan *yield* dijelaskan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Konversi oksigenat, yield oktadekana dan heptadekana (Sumber:Salam dkk., 2018)

Gambar 2.4 menjelaskan konversi oksigenat dari mikro alga akan menghasilkan asam stearate dan asam oleat. Asam oleat mula-mula akan dikonversi menjadi asam stearat melalui hidrogenasi ikatan rangkap pada asam oleat, reaksi sebaliknya akan terjadi reaksi reduksi pada permukaan katalis membentuk aldehid 1-oktadekanal dan mengalami tautomerisme membentuk 1-oktadekanol. Deoksigenasi dari 1-oktadekanal dan 1-oktadekanol akan menghasilkan heptadekana dan oktadekana yang selanjutnya dihidrogenasi untuk membentuk heptadekana dan oktadekana. Reaksi hidrideoksigenasi berlangsung pada tahap akhir setelah reaksi deoksigenasi. *Yield* yang didapatkan pada oktadekana dan heptadekana meningkat seiring bertambahnya waktu (Salam dkk., 2018).

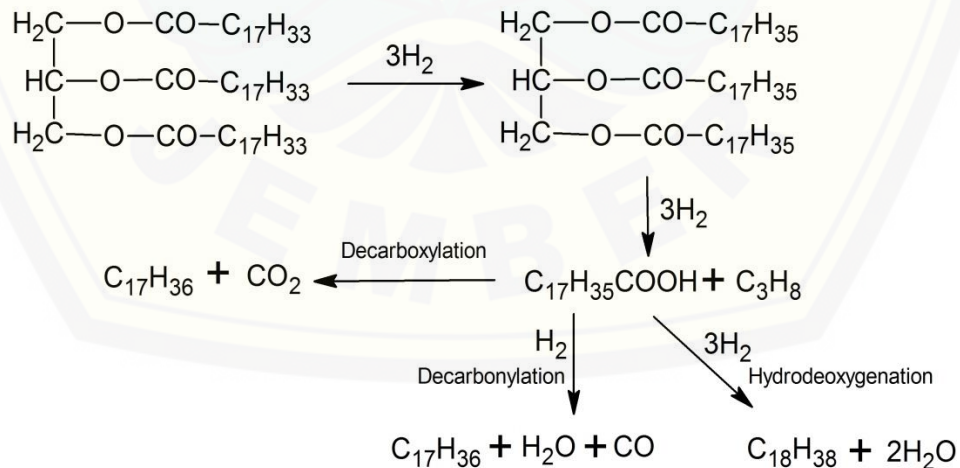
Reaksi hidrideoksigenasi menggunakan katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ menghasilkan *yield* tertinggi 70% dan masih menghasilkan produk samping atau intermediet. Produk samping dan intermediet yang terbentuk seperti 1-oktadekanol, heptadekana, oktadekana, dan hidrokarbon lain yang memiliki atom C lebih dari 13. % *yield* yang dihasilkan dari masing-masing produk intermediet dan produk samping kurang dari 15%. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Yield produk samping dan intermediet (Sumber: Salam dkk., 2018)

2.4 Reaksi Pembentukan Green Diesel

Pembentukan *green* diesel dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti hidrodeoksigenasi, dekarboksilasi dan dekarbonilasi. Ketiga reaksi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.6:

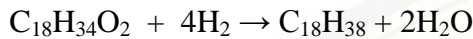


Gambar 2. 6 Reaksi konversi trigliserida menjadi green diesel (Sumber: Ameen dkk., 2017)

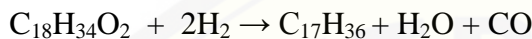
Berdasarkan Gambar 2.6 reaksi konversi trigliserida menjadi *green* diesel yang melalui 3 jenis reaksi menghasilkan produk samping yang berbeda. Produksi

green diesel dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti hidrodeoksigenasi, dekarboksilasi, dan dekarbonilasi. Stokiometri reaksi hidrogen transfer asam oleat melalui reaksi hidrodeoksigenasi, dekarbonilasi, dan dekarboksilasi pada reaksi dibawah

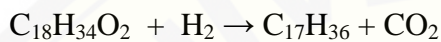
a. reaksi hidrodeoksigenasi



b. reaksi dekarbonilasi



c. reaksi dekarboksilasi



Produksi *green* diesel dengan metode hidrodeoksigenasi menghasilkan produk alkana rantai lurus (*green* diesel) dan air (H_2O), metode dekarboksilasi akan menghasilkan produk alkana rantai lurus (*green* diesel) dan gas CO_2 sedangkan dari metode dekarbonilasi akan didapatkan *green* diesel (alkana rantai lurus), gas karbon monoksida (CO) dan air (H_2O) (Ruppert dkk., 2012).

Dari ketiga metode diatas yang paling umum digunakan adalah metode hidrodeoksigenasi. Hal ini dikarenakan pada metode hidrodeoksigenasi menghasilkan alkana rantai lurus (*green* diesel) dan air tanpa menghasilkan gas karbon monoksida dan gas karbon dioksida seperti pada metode dekarboksilasi dan dekarbonilasi. Air (H_2O) yang dihasilkan dari metode hidrodeoksigenasi tidak berbahaya bagi lingkungan sehingga menjadi lebih ramah lingkungan (Ameen dkk., 2017). Metode hidrodeoksigenasi, dekarboksilasi dan dekarbonilasi dapat dilakukan dengan menggunakan suhu tinggi serta dilakukan di dalam reaktor yang bertekanan tinggi dan juga membutuhkan gas hidrogen yang cukup tinggi (Ameen dkk., 2017). Kelemahan dari metode hidrodeoksigenasi, dekarboksilasi dan dekarbonilasi dapat diatasi dengan metode hidrogen transfer.

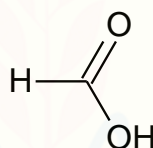
2.5 Reaksi Hidrogen Transfer Dengan Asam Format

Penambahan hidrogen ke molekul dari sumber selain H_2 gas disebut reaksi hidrogen transfer. Dalam beberapa tahun terakhir, metode hidrogen transfer telah mendapatkan kesuksesan yang meningkat baik dalam skala laboratorium dan

aplikasi industri karena kesederhanaan operasional dan pengurangan risiko yang terkait dengan penggunaan gas yang mudah terbakar seperti H_2 . Para donor hidrogen yang lebih aktif untuk katalisis homogen adalah terutama alkohol dan asam format tetapi asam askorbat, sikloheksena dan ester siklik juga dapat digunakan (Takashi dan Takao, 2004).

Asam format lebih cocok untuk donor hidrogen daripada alkohol sekunder, karena dapat diubah menjadi CO_2 secara permanen pada pengurangan substrat, menggeser reaksi ke arah produk yang diinginkan. Campuran azeotropik 5:2 dari $HCOOH$ dan Et_3N paling sering digunakan sebagai reduktor, dapat dicampur dengan banyak pelarut pada 20-60 °C (Takashi dan Takao, 2004).

Asam format merupakan salah satu asam yang dapat digunakan sebagai donor hidrogen. Asam format sendiri merupakan asam karboksilat yang paling sederhana. Rumus molekul dari asam format adalah $HCOOH$ atau CH_2O_2 . Struktur dari asam format ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Struktur Asam Format

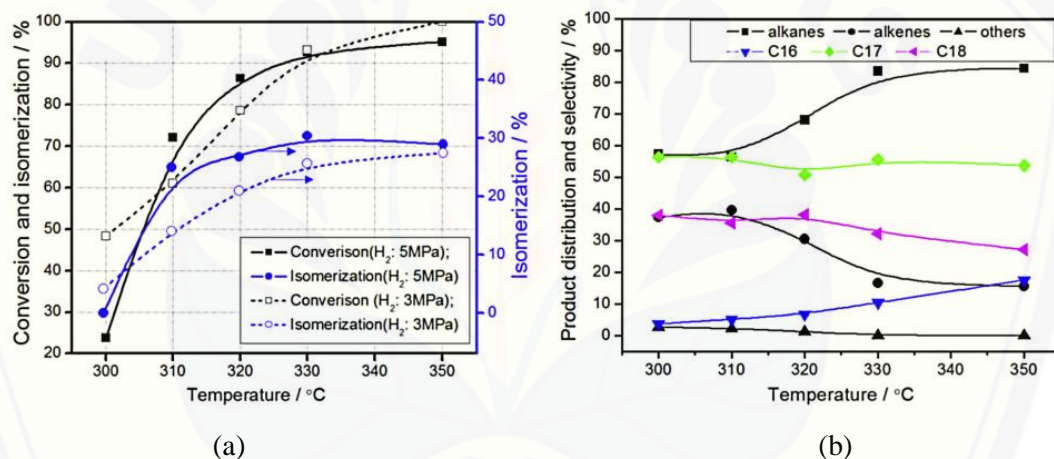
Asam format berwujud cair, tidak berwarna dan memiliki rasa asam. Asam format sering juga dikenal sebagai asam semut karena asam ini banyak ditemukan pada sengat lebah dan semut (Science Lab, 2018). Sifat fisika kimia asam format ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat fisika kimia asam format

Rumus molekul	$HCOOH$
Berat molekul	46,03 g/mol
Densitas	1,22 g/mL
Titik leleh	8,4 °C
Titik didih	100 °C
Viskositas	1,57 cP pada 26 °C
Tekanan uap	4,7 kPa

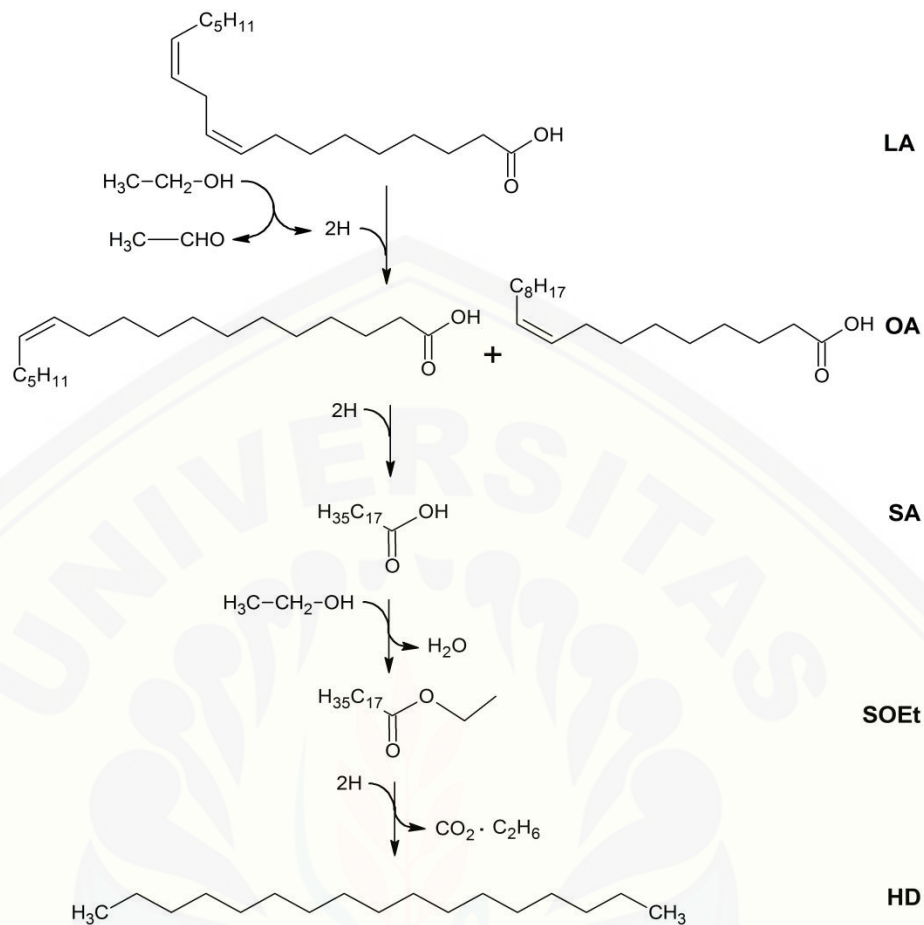
(Sumber: Science Lab, 2018)

Reaksi hidrogen transfer dipengaruhi oleh suhu dan juga perbandingan mol dari gas hidrogen itu sendiri. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Huang dkk. (2016), suhu optimum yang digunakan pada proses hidrogen transfer asam stearat menjadi *green diesel* adalah 350 °C dengan konversi yang diperoleh 90% dengan menggunakan tetralin sebagai sumber hidrogen dalam waktu 2 jam. Namun masih menggunakan bantuan tekanan gas H₂. Variasi suhu digunakan dari mulai suhu 300 °C, 310 °C, 320 °C, 330 °C, 340 °C dan 350 °C untuk mengetahui suhu optimum yang menghasilkan konversi dan selektifitas tertinggi. Konversi tertinggi pada saat gas H₂ 5 Mpa dan gas H₂ 3 Mpa yaitu pada suhu 350 °C sedangkan selektifitas tertinggi yaitu pada suhu 350 °C dengan produk yang dihasilkan C₁₆, C₁₇ dan C₁₈. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Efek variasi suhu pada konversi asam stearat; (a) konversi dan isomerisasi (b) selektifitas (Sumber: Huang dkk., 2016).

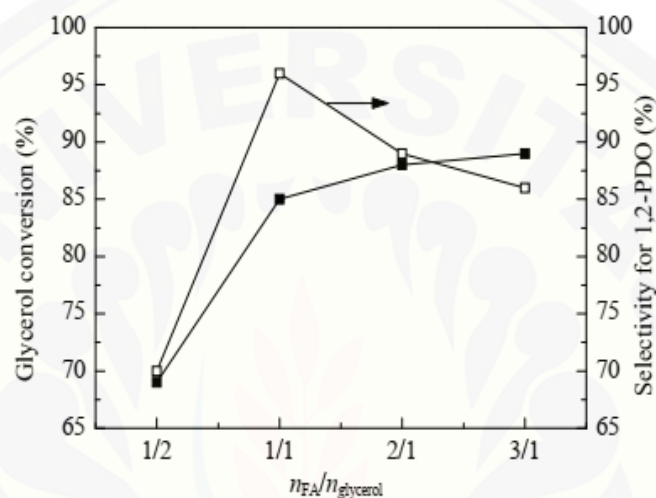
Metode hidrogen transfer asam linoleat menggunakan campuran etanol dan air sebagai sumber hidrogen telah dilakukan oleh Besse dkk., (2016), dengan kondisi reaksi 350 °C, waktu 6 jam dan dilakukan dalam reaktor *batch* diperoleh *yield* >80%. Katalis yang digunakan adalah Pt/C dengan rasio perbandingan *volume* asam linoleat dalam campuran etanol dan air (1:1). Jalur konversi yang terjadi yaitu dari asam linoleat asam oleat - asam stearat - etil stearat - heptadekana.



Gambar 2.9 Jalur reaksi konversi asam linoleat menjadi heptadekana (Sumber: Besse dkk., 2016).

Hollak dkk., (2013) telah melakukan penelitian membandingkan katalis Mo₂C dan W₂C yang disupport dengan CNF (*Carbon Nano Fibers*) untuk reaksi hidroleoksinasi asam oleat. Kondisi reaksi pada suhu 350°C dengan waktu 1 jam dan tekanan gas H₂ 50 barr. Reaktor yang digunakan *autoclave batch* diperoleh hasil konversi 705% dan selektifitas terhadap hidrokarbon 26% pada katalis W₂C/CNF sedangkan pada katalis Mo₂C/NF diperoleh konversi sebesar 82% dan selektifitas terhadap hidrokarbon sebesar 13%. Reaksi hidroleoksinasi asam oleat selain menghasilkan selektifitas terhadap hidrokarbon oktadekana dan heptadekana juga menghasilkan selektifitas yang tinggi terhadap asam stearate, ester dan alkohol sebesar 74%-93% pada masing-masing katalis.

Perbandingan mol reaktan dan donor asam yang digunakan sangat penting untuk dipertimbangkan. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan produk yang dihasilkan. Dalam hal ini perbandingan mol asam linoleat: asam format yang akan digunakan mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Yuan dkk., (2013) untuk konversi gliserol. Hasil konversi gliserol dengan variasi perbandingan mol asam format dan gliserol ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Konversi gliserol dan selektifitas 1,2-PDO dengan perbedaan rasio molar asam format dan gliserol. Kondisi reaksi: 5 mmol gliserol, H₂O 10 mL, 0,5 Mpa N₂, n_{gliserol}/n_{metal} = 10, 200 °C, 5 jam (Sumber: Yuan dkk., 2013).

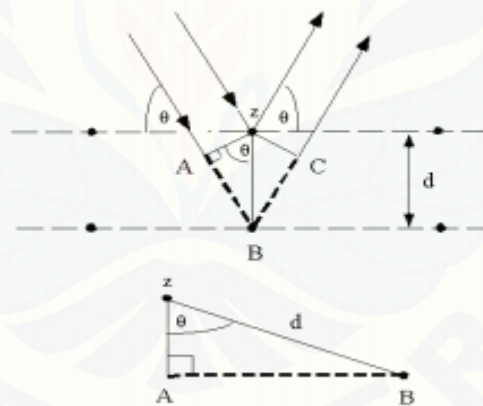
Berdasarkan Gambar 2.10 menunjukkan bahwa ketika perbandingan mol asam format:gliserol berubah dari 1:2 menjadi 3:1 konversi gliserol mengalami kenaikan dari 68% menjadi 89%. Nilai selektifitas tertinggi pada konversi gliserol menjadi 1,2-propanadiol diperoleh saat perbandingan mol asam format:gliserol 1:1 dengan selektifitas sebesar 96%. Konversi yang diperoleh masing-masing 68% pada 1:2, 84% pada 1:1 dan 90% pada 3:1 (Yuan dkk., 2013).

2.6 X-Ray Diffraction Ni-Mo/ γ -Al₂O₃

Keteraturan struktur kristal dapat diidentifikasi menggunakan teknik difraksi sinar-X. Parameter kristalografi seperti konstanta *lattice* dan fakto Debye-Waller digunakan, sehingga XRD dapat digunakan sebagai metode pengukuran kuantitatif (Wibisono, 2017). Identifikasi pada XRD dapat dilakukan dengan

membandingkan fasa padat yang diperoleh dengan referensi yang diambil dari *collection of simulat XRD powder patterns* (Treacy dan Higgins, 2001).

Pola dari difraksi pada XRD (X-Ray Diffraction) dapat dinyatakan sebagai 2θ , dengan besar sudut-sudut yang terbentuk sebagai hasil difraksi berkas cahaya oleh kristal pada material yang terdeteksi oleh detektor. Hukum Bragg adalah perumusan matematik mengenai proses difraksi yang terjadi sebagai hasil interaksi antara sinar-X yang dipantulkan oleh material. Bragg menunjukkan bahwa bidang yang berisi atom-atom pada kristal akan memantulkan radiasi dengan cara yang sama dengan peristiwa pemantulan pada bidang cermin. Apabila sinar yang datang mengenai bidang yang tersusun paralel dan berjarak d satu sama lain maka sinar yang datang akan dipantulkan kembali oleh bidang dan saling berinterferensi secara konstruktif (Setiabudi dkk., 2012). Panjang lintasan berkas cahaya $\lambda_{AB} = 2d\sin\theta$. Peristiwa difraksi interferensi konstruktif seperti Gambar 2.11.

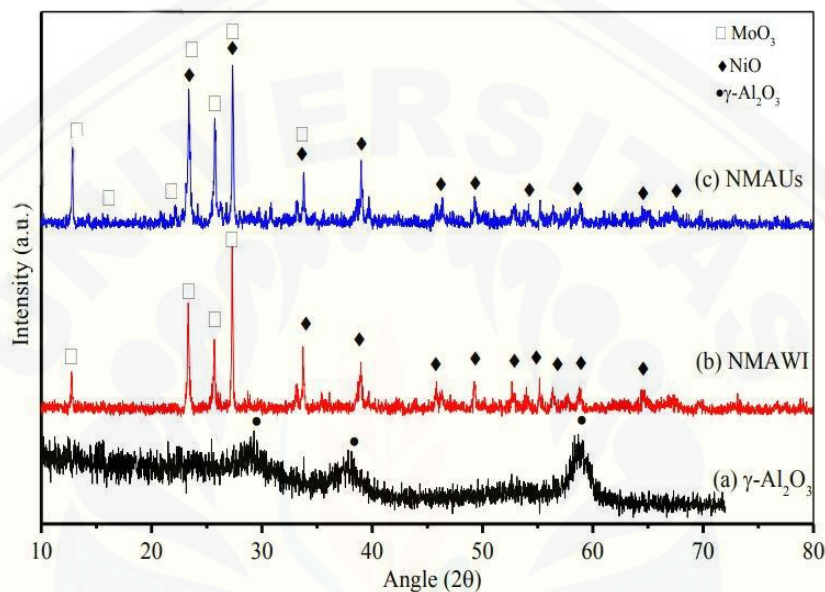


Gambar 2.11 Difraksi sinar-X pada kisi kristal (Sumber: Grant dan Suryanayana, 1998).

Berdasarkan Gambar 2.11 dapat dijelaskan bahwa sinar datang akan menumbuk pada titik bidang pertama dihamburkan oleh atom Z. Sinar kedua yang datang akan menumbuk bidang selanjutnya dan dihamburkan oleh atom B. Hukum Bragg ($\lambda_{AB} = 2d\sin\theta$), menyatakan terdapat 2 variabel yang dapat divariasikan untuk menghasilkan pola difraksi yaitu panjang gelombang dan sudut difraksi. Sedangkan nilai dari d sendiri tidak dapat divariasikan karena

merupakan jalan penghubung bidang kristal dan memiliki nilai yang tetap (Grant dan Suryanayana, 1998).

Kristalinilitas dari katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dibandingkan dengan γ -Al₂O₃ untuk mengetahui apakah Ni dan Mo sudah terimpregnasi dalam γ -Al₂O₃. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ameen dkk. (2018), didapatkan data XRD untuk γ -Al₂O₃ dan Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ seperti Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Hasil XRD untuk γ -Al₂O₃ dan Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ (Sumber: Ameen dkk., 2018).

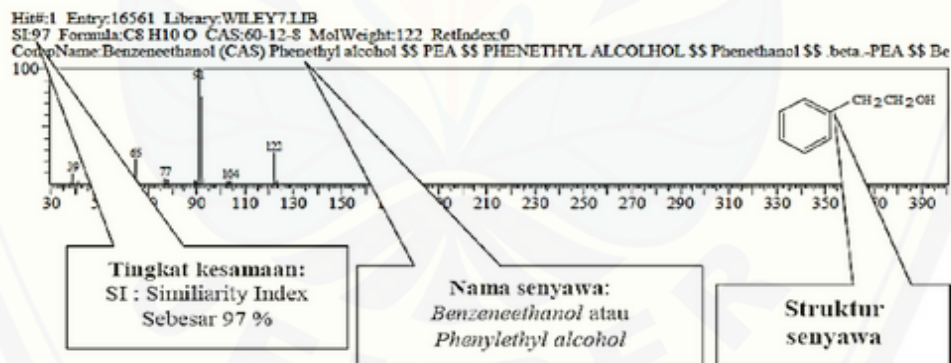
Berdasarkan hasil XRD untuk γ -Al₂O₃ dan Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dapat dikatakan bahwa terdapat puncak Ni dan Mo pada XRD Ni-Mo/ γ -Al₂O₃. Hal ini membuktikan bahwa logam Ni dan Mo berinteraksi dan membentuk agregat. Puncak yang muncul sebagai agregat adalah NiO dan MoO₃ (Ameen dkk., 2018).

2.7 Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GC-MS)

Kromatografi gas dan spektroskopi merupakan analisa umum yang banyak digunakan untuk uji karakterisasi senyawa volatil. Kromatografi gas atau GC merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengetahui senyawa yang terdapat dalam sampel. Kromatografi gas menggunakan kolom yang berfungsi untuk memisahkan senyawa-senyawa yang terdapat dalam sampel yang diinjeksikan berdasarkan interaksinya dengan kolom GC (Siswoyo dan Asnawati, 2007). Analisis kromatografi gas pada konversi asam lemak menjadi *green diesel*

digunakan untuk mengetahui adanya gas CO, gas CO₂, propana dan sisa hidrogen pada produk akhir yang dihasilkan. Hasil analisis dengan kromatografi gas dapat digunakan untuk menentukan senyawa yang diperoleh dan juga digunakan untuk mengetahui jenis reaksi yang terjadi (Sotelo dkk., 2011).

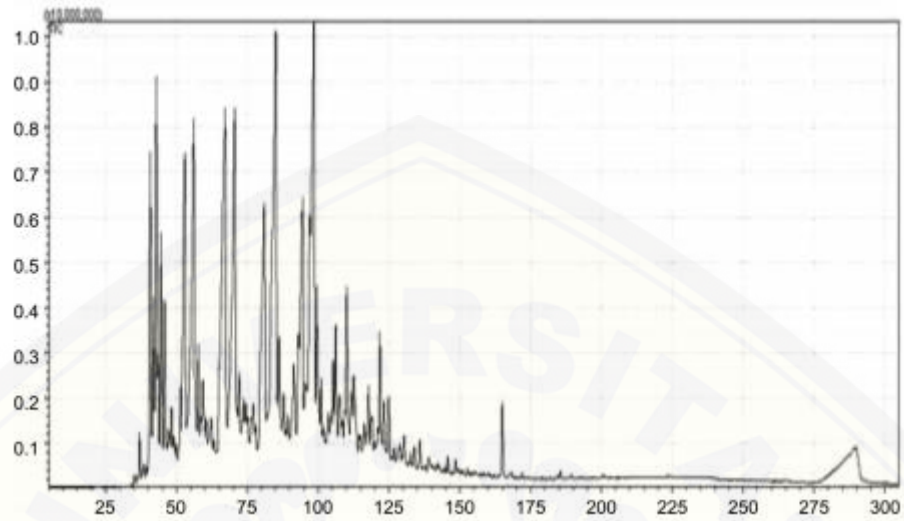
Gas kromatografi akan menentukan senyawa yang ada dalam sampel (kualitatif) berdasarkan waktu retensi yang diperoleh sedangkan spektroskopi massa akan menentukan fragmen atau berat molekul dari senyawa yang ada dalam sampel sehingga dapat ditentukan senyawa pasti yang terkandung dalam sampel (Hendayana, 2006). Menurut Hardjono (1992) pada GC-MS pergeseran elektronnya menggunakan konsep sabalisasi muatan oleh induk resonansi yang digunakan untuk dasar pembacaan pola fragmentasi GC-MS. Pemecahan ion molekuler pada GC-MS terjadi melalui dua cara yaitu pemecahan homolitik dan pemecahan heterosiklik. Pembacaan spectra massa pada GC-MS ditunjukkan pada Gambar 2.13 dimana sumbu horizontal menunjukkan massa molekul yang dianalisis (m/z) dan sumbu vertikal menunjukkan jumlah kelimpahan ion (molekul yang terfragmentasi).



Gambar 2.13 Keterangan pembacaan spektra massa (Sumber: Hardjono, 1992).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mota dkk. (2014) menggunakan minyak sawit mentah sebagai bahan baku pembuatan *green* diesel menggunakan sistem *batch* pada suhu 450°C dengan katalis natrium karbonat dihasilkan produk *green* diesel yang dianalisis menggunakan GC-MS. Hasil analisis GC-MS diperoleh *green* diesel dengan komposisi hidrokarbon 91,38% (normal parafin 31,27%,

olefin 5,67%, dan 5,67% naftalene) dan senyawa oksigen masih diperoleh 8,62%. Hasil kromatogram GC-MS dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Kromatogram GC-MS green diesel minyak sawit mentah (Sumber: Motadkk., 2014)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia dan Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember untuk tahap sintesis katalis katalis dan analisis Gas Kromatografi, Laboratorium Teradu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November untuk tahap karakterisasi katalis γ - Al_2O_3 menggunakan XRD dan Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada untuk tahap uji analisis kinerja katalis pada *green* diesel menggunakan GC-MS. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada April 2019 sampai Februari 2020.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

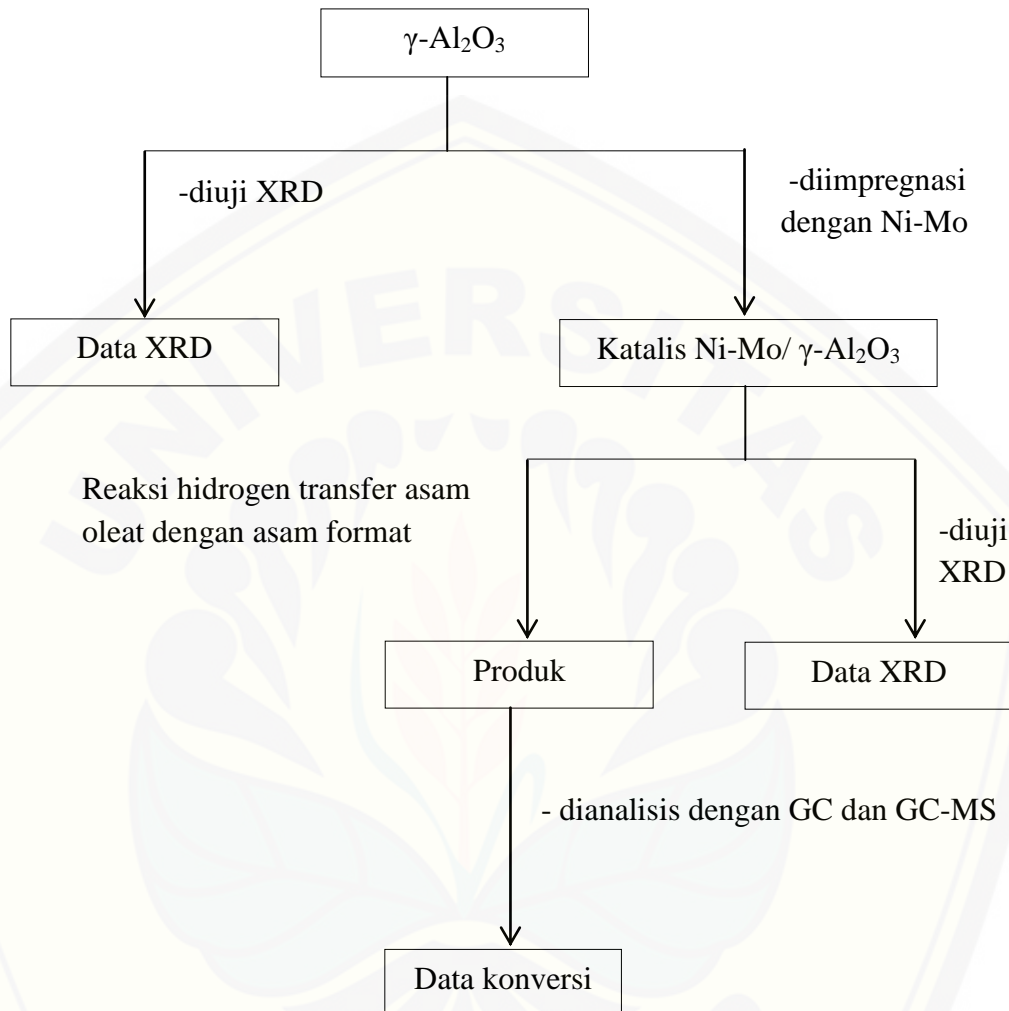
Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu reaktor hidrotermal, neraca analitik, *beaker glass* 10, 20 dan 50 mL, *magnetic stirrer*, kaca arloji, pipet tetes, gelas ukur 5 dan 10 mL, pipet mohr 5 dan 10 mL, *ball pipet*, *hotplate stirrer*, *furnace*, oven, batang pengaduk dan cawan porselin. Instrumen yang digunakan untuk karakterisasi yaitu *X-Ray Diffraction* (XRD), *Gas Chromatography* (GC) dan *Gas Chromatography - Mass Spectroscopy* (GC-MS).

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu asam oleat ($\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$) Merck Pro Analys, asam format (CH_2O_2) Merck Pro Analys, Gamma Alumina (γ - Al_2O_3) Merck, *Ammonium Heptamolybdate Tetrahydrate* (AHM) $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ Merck, Nikel Nitrat Heksa Hidrat $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Merck, etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) Merck Pro Analys, aquademin, kertas saring watman 41 dan akuades.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Rancangan penelitian yang akan dilakukan diuraikan dalam diagram berikut:



3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Sintesis Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃

Sintesis katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dilakukan tiga tahap yaitu sebagai berikut:

1. Aktivasi penyangga (γ -Al₂O₃)

Aktivasi dilakukan dengan cara memanaskan γ -Al₂O₃ dalam oven pada suhu 120°C selama 2 jam. γ -Al₂O₃ yang telah dipanaskan kemudian didinginkan pada suhu ruang (Tsani, 2011).

2. Tahap Impregnasi

Tahap impregnasi dilakukan dengan cara membuat larutan impregnan yaitu melarutkan 12% wt Mo (0,212 gram) dari *Ammonium Heptamolybdate Tetrahydrate* (AHM) dalam 10 mL akuademin dengan bantuan pengadukan. Campuran yang telah terbentuk ditambahkan dengan 3% wt Ni (0,146 gram) dari Ni(NO₃)₂.6H₂O serta dilakukan pengadukan. Larutan impregnan yang telah terbentuk kemudian diteteskan pada 85% γ -Al₂O₃ (0,850 gram) yang telah diaktivasi sambil diaduk menggunakan *stirrer magnetic* selama 4 jam. Campuran larutan impregnan dan γ -Al₂O₃ dikeringkan pada oven dengan suhu 120°C selama 12 jam sehingga diperoleh Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ (Ameen dkk., 2018).

3. Tahap kalsinasi

Tahap kalsinasi dilakukan dengan cara padatan Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dikalsinasi pada suhu 500 °C selama 1 jam (Ameen dkk., 2019).

3.4.2 Karakterisasi Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃

Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ hasil sintesis dikarakterisasi untuk menentukan kristanilitas dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) pada daerah 2 θ . Serbuk katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ sebanyak 1 gram diletakkan pada permukaan sampel *holder* secara merata kemudian dimasukkan dalam XRD untuk dianalisis.

3.4.3 Reaksi Hidrogen Transfer Asam Oleat

Reaksi hidrogen transfer dilakukan dengan mengembangkan metode hidrogen transfer yang telah dilakukan sebelumnya. Asam oleat dimasukkan ke dalam reaktor *batch*, kemudian ditambahkan dengan asam format sebagai donor hidrogen dengan variasi perbandingan mol asam format:asam oleat.. Katalis 5% wt

Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ yang didapatkan kemudian dimasukkan ke dalam campuran asam oleat dan asam format. Reaktor hidrotetal yang berisi campuran asam oleat, asam lemak, dan katalis 5%wt Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ ditutup dengan cepat dan rapat dan kemudian dipanaskan dengan variasi suhu 200; 225 dan 250°C selama 6 jam (Besse dkk., 2016). Setelah pemanasan selesai kemudian reaktor didinginkan pada suhu kamar. Variasi perbandingan mol asam format:asam oleat dan suhu disediakan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variasi perbandingan mol dan suhu reaksi hidrogen transfer

Variasi perbandingan mol	Variasi suhu
Asam format:asam oleat 3:1 (1,380 gram : 2,756 gram)	200 °C
Asam format:asam oleat 4:1 (1,841 gram : 2,756 gram)	
Asam format:asam oleat 5:1 (2,302 gram : 2,756 gram)	
Asam format:asam oleat 4:1 (1,841 gram : 2,756 gram)	225 °C
	250°C

3.4.4 Desain Reaktor untuk Reaksi Hidrogen Transfer

Reaktor yang digunakan adalah reaktor *batch*, dimana pada reaktor *batch* tidak ada sistem *flow* atau aliran. Reaktor yang digunakan adalah reaktor yang diproduksi oleh Parr Instrumen dengan tipe Acid Digestion Vessel 4744 dengan model linner Teflon A280AC2 seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Reaktor batch 4744 (Sumber:Parr Instrument)

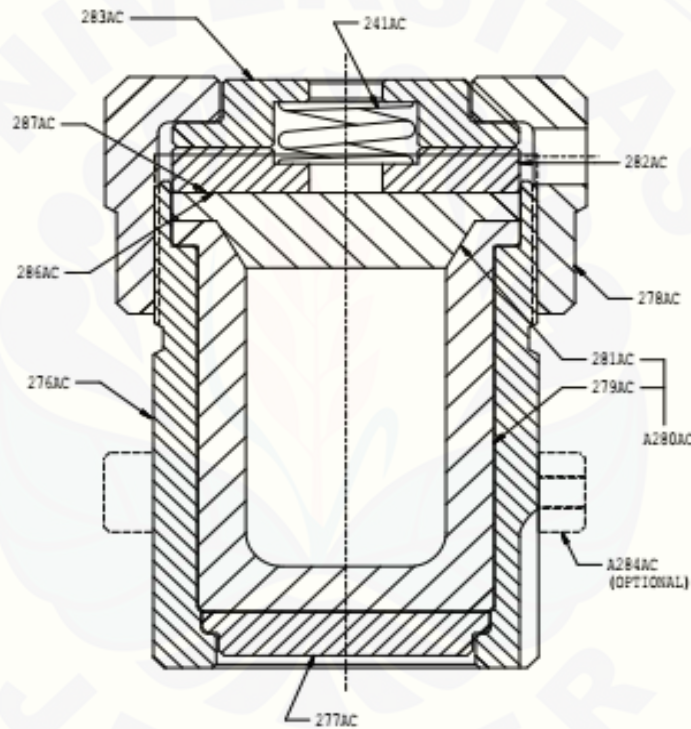
Spesifikasi dari reaktor yang digunakan seperti suhu maksimum, ukuran, dan tekanan terdapat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Spesifikasi reaktor

Ukuran (mL)	45
Maksimum berat sampel anorganik (gram)	2,0
Maksimum berat sampel organik (gram)	0,2
Suhu maksimum (°C)	250
Tekanan maksimum (psig)	1800

(Sumber:Parr Instrument)

Desain bagian dalam dari reaktor pada gambar 3.2 dan keterangannya tersedia pada tabel 3.3



Gambar 3.2 Desain bagian dalam reaktor (Sumber:Parr Instrument)

Tabel 3. 3 Keterangan desain reaktor

<i>Part No.</i>	<i>Description</i>
283AC	<i>Pressure plat, upper</i>
241AC	<i>Spring</i>
287AC	<i>Rupture disc</i>
286AC	<i>Corrosion disc</i>
276AC	<i>Vessel body</i>
277AC	<i>Bottom disc</i>
282AC	<i>Pressure plat, lower</i>
278AC	<i>Screw cap</i>
A280AC	<i>PTFE cup with cover</i>
A284AC	<i>Tumblinnng rig</i>

(Sumber:Parr Instrument)

3.4.5 Penentuan Kinerja Katalis dengan Kromatografi Gas

Penentuan kinerja katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ dilakukan dengan cara menghitung nilai konversi dari reaksi katalitik asam oleat. Konversi menunjukkan jumlah atau banyaknya asam oleat yang berubah menjadi senyawa lain yang ditargetkan. Penentuan konversi dihitung dengan persamaan:

$$\text{Konversi (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan

a = intensitas sampel awal

b = intensitas sampel hasil reaksi katalitik

3.4.6 Analisis Hasil Reaksi Hidrogen Transfer Asam Oleat dengan GC-MS

Hasil dari perhitungan konversi tertinggi di karakterisasi menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) untuk mengetahui senyawa target telah dihasilkan. Analisis kromatografi gas pada konversi asam lemak menjadi *green diesel* digunakan untuk mengetahui adanya gas CO, gas CO₂, propana dan sisa hidrogen pada produk akhir yang dihasilkan. Hasil analisis dengan kromatografi gas dapat digunakan untuk menentukan senyawa yang diperoleh dan juga digunakan untuk mengetahui jenis reaksi yang terjadi (Sotelo *et al.*, 2011).

3.4.7 Tabulasi Data

Data diambil dengan menggunakan metode bertingkat. Uraian tabulasi data penelitian tersedia dalam tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Karakterisasi yang dilakukan

Mol	Suhu katalisis	Karakterisasi GC	Karakterisasi GC-MS
Asam format: asam oleat = 3:1	200 °C	√	Diambil konversi tertinggi
Asam format: asam oleat = 4:1		√	
Asam format: asam oleat = 5:1	225 °C	√	
Asam format: asam oleat = 4:1		√	
Asam format: asam oleat = 4:1		√	
Asam format: asam oleat = 4:1	350 °C	√	

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan yaitu:

1. Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ hasil sintesis menunjukkan bahwa Ni terimpregnasi merata pada penyangga γ -Al₂O₃ sedangkan Mo terbentuk agregat MoO₃ yang disebabkan oleh tingginya suhu kalsinasi dan konsentrasi prekursor yang terlalu besar.
2. Konversi asam oleat semakin meningkat seiring bertambahnya mol asam format yang digunakan dengan konversi tertinggi pada perbandingan mol 4:1 dan 5:1 sebesar 100%. Konversi asam oleat semakin menurun dengan bertambahnya suhu yang digunakan. Konversi tertinggi diperoleh pada suhu 200°C dengan konversi sebesar 100% yaitu asam oleat menjadi asam stearat.

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk perhitungan nilai selektivitas terhadap produk yang ditargetkan dan juga produk sampingnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui produk yang terbentuk dari reaksi katalitik asam oleat dan untuk memastikan nilai konversi tertinggi adalah produk yang ditargetkan. Perlu dilakukan perbaikan reaktor yang sesuai dengan kapasitas dan kriteria yang dibutuhkan dalam reaksi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnieszka M. Ruppert, B., M. dan Weckhuysen. 2008. Metal Support Interactions. Handbook of Heterogenous Catalysis. Wiley Online Library. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/9783527610044.hetcat0061> [Diakses pada Maret 18, 2020].
- Ameen, M. Azizan, T.M. Yusup, S. Ramli, A. Yasir, M. 2017. Catalytic Hydrodeoxygenation of Triglycerides: An Approach to Clean Diesel Fuel Production. *Renewable and Sustainable Energy Review* 80:1073-1074.
- Ameen, M. Mohammad, T.A. Anita, R. Suzana, Y, dan Mohammad, S.A. 2018. Catalytic Hydrodeoxygenation of Rubber Seed Oil over Sonochemically Synthesized Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ Catalyst for Green Diesel Production. *Ultrasonics Sonochemistry*. 18: 13-14.
- Augustine, R. L. 1996. *Heterogeneous Catalysis for the Synthetic Chemist*. New Jersey: Marcel Dekker Inc.
- Besse, X. Schuurman, Y. dan Guillaume N. 2016. Hydrothermal conversion of linoleic acid and ethanol for biofuel production. *Applied Catalysis A: General*. 524: 142.
- Chen, Ning. Shaofeng Gong, dan Elka W, Qin. 2015. Effect of Reduction Temperature of NiMoO_{3-x}/SAPO-11 on its Catalytic Activity in Hydrogenation of Methyl Laurate. *Applied Catalysis B: Environmental* 174:253-263.
- Donnis, B. Egeberg, R.G. Blom, P. Knudsen, K.G. 2009. Hydroprocessing of bio-oils and oxygenates to hydrocarbons. *Underst React Routes Top Catal*. 52 :300.
- Effendy. 2007. *Perspektif Baru Kimia Koordinasi Jilid 1*. Malang : Bayumedia Publishing.
- Ertl G dan Knozinger H. 1991. *Handbook of Heterogenous Catalysis* New York: John Wiley and Sons.
- Eukey, E.W. 1954. *Vegetables Fats and Oils*. New York: Reinhold Publisher Corporation.
- Fang, N., Y. M. Ji, C. Y. Li, Y. Y. Wu, C. G. Ma, H. L. Liu, dan M. X. Li. 2005. Synthesis and Adsorption Properties of [Cu(I)₂(H₂O)]H₂[Cu(I)₂(P₂Mo₅O₂₃)]·4H₂O/Fe₃O₄ Nanocomposites. *RSC Advances*. 7(41):25325–25333.

- Gandarias, I., P. L. Arias, J. Reques, M. B. Güemez, dan J. L. G. Fierro. 2010. Hydrogenolysis of glycerol to propanediols over a Pt/ASA catalyst: the role of acid and metal sites on product selectivity and the reaction mechanism. *Applied Catalysis B: Environmental*. 97(1–2):248–256.
- Gasser, R.P.H. 1985. *An Introduction to Chemisorption and Catalysis by Metal*. Clarendon Press. Oxford.
- Grant, N.M. dan Surnayanayana, C. 1998. *X-Ray Diffraction: A Practical Approach*. New York: Plenum Press.
- Hardjono. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Yogyakarta : Liberty.
- Harnos, S. Gyorgy, O. Dennes, K. 2012. Hydrocarbon from sunflower oil over partly reduced catalyst. *Reac Kinet Mech Cat*. 106: 110.
- Hart, H dan Robert, D.S. 1953. *A Short Course in Organic Chemistry*. Cambridge Massachusetts: Houghton Niffin Corporation.
- Hasrini, R.F., Lestari, N., & Meutia, Y.M. 2014. Studi Perbandingan Sifat Fisikokimia Minyak Inti Sawit (RBDPKO) Terhidrogenasi dalam Cocoa Butter Substitutes (CBS) Dengan CBS Komersial. *Warta IHP*, 31(1),22-31
- Hendayana. 2006. *Kimia Pemisahan Metode Kromatografi dan Elektroforesis Modern*. Bandung : Remaja Rosdakarya.
- Hollak, S.A.W., R.W. Gosselink, D.S. dan Van Es, J.H. Bitter. 2013. Comparison of Tungsten and Molybdenum Carbide Catalysts for the Hydrodeoxygenation of Oleic Acid. *ACS Catalysis*. 3 : 2837-2844.
- Holmgren, J. Gosling, C. Marer, T. Kokayeff, P. 2007. Green Diesel Production from Vegetable Oil. *A New Development in Renewable Fuels: Green Diesel*. 7(10): 8.
- Huang, Z. Shilei, D. Zhixia, L. Hongfei, L. Fuwei, L. Lin, L. Ze, Z. Chong, G. Congjin, C. dan Yue, L. 2016. Catalytic conversion of stearic acid to fuel oil in a hydrogen donor. *International Journal Of Hydrogen Energy*. 1-2.
- Kalnes, Tom. Marker, T. Shonnard, David R. 2007. Green Diesel: A Second Generation Biofuel. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*. 5: 2-4.
- Kikhtyanin, Oleg V. Anton E, Rubanov. Artem B, Ayuov dan Gennadii V, Echevsky. 2010. Hydroconversion of Sunflower Oil on Pd/SAPO-31 Catalyst. *Fuel* 89:3085-3092.
- Miao, Yongxia., Guanzong Lu, Xiaohui Liu, Yanglong Guo, Yanqin Wang dan Yun Guo. 2009. The Molybdenum Species of MoO₃/SiO₂ and Their

Catalytic Activities for the Epoxidation of Propylene With Cumene Hydroperoxide. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. Vol. 16: 45-50

Mikkonen S. 2008 Second-generation renewable diesel offers advantages. *Hydrocarbon Process* 87:63–66.

Mota, S.A.P. A.A, Mancio. D.E.L, Lhamas. D.H, de Abreu. M.S, da Silva. W.G, dos Santos. D.A.R, de Castro. R.M, de Oliveira. M.E, Araujo. Luiz, E.P. dan N.T, Machado. 2014. Production of Green Diesel by Thermal Catalytic Cracking of Crude Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq) in a Pilot Plant. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*.xxx: 10.

Normann, W. 1903. Herforder Maschinenfett-und Ölfabrik Leprince und Siveke, Process for converting unsaturated fatty acids or their glycerides into saturated compounds. *British Patent* 1 515.

Parr Instrument Company : *Acid Digestion Vessels 4744-49*.

Richardson, J.T. 1989. *Principles of Catalyst Development*. New York : Plenum Press.

Ruppert, A.M. Weinberg. Palkovits, R. 2012. Hydrogenolysis goes bio: from carbohydrates and sugar alcohols to platform chemicals. *Angew Chem Int Ed* 51: 2565.

Salam, M.A., Creaser Derek., Arora Prakhar., Tamm Stefani., Grennfelt, E.L., dan Olsson Louise. 2018. Influence of Bio-Oil Phospholipid on the Hydrodeoxygenation Activity of NiMoS/Al₂O₃. *Mdpi Journal Catalystr*. 8: 1-19.

Salamah, S. dan. Setyawan, M. 2013. Karakteristik Reaktor Hidrogenasi Minyak Biji Kapuk Untuk Pembuatan Green Diesel. *Jurnal Ilmiah Pengetahuan dan Penerapan Teknik Industri*. 11(1): 27-36.

Science Lab. 2018. Material Safety Data Sheet Formic Acid. <http://www.fishersci.in/msds/cinnamicacid.pdf> [Diakses pada Desember 20, 2018].

Science Lab. 2020. Material Safety Data Shee Nickel Nitrate Hexahydrate. <http://www.fishersci.in/msds/nickelnitratehexahydrate.pdf> [Diakses pada Maret 18, 2020].

Setiabudi, A., R. Hardian, dan A. Muzakir. 2012. *Karakterisasi Material Prinsip dan Aplikasinya Dalam Penelitian Kimia*. Bandung: UPI Press.

Siswoyo dan Asnawati. 2007. *Analisis Spektrometri*. Universtas Jember.

- Sotelo, R. Trejo, F. Hernandez, J. 2012. Hydroconversion of Triglycerides into Green Liquid Fuels. *Licensee INTECH*. 189-190.
- Sotelo, R.B. Yanyong, L. dan Tomoaki, M. 2011. Renewable Diesel Production from the hydrotreating of Rapeseed Oil with Pt/Zeolite and NiMo/Al₂O₃ Catalyst. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 50: 2791-2799.
- Takashi dan Takao. 2015. Hydrodeoxygenation of Fatty Acids, Triglycerides, and Ketones to Liquid Alkanes by a Pt–MoO_x /TiO₂. *Catalyst*. Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.
- Treacy, M. M. J. dan J. B. Higgins. 2001. *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites Editors* : Elsevier.
- Trisunaryanti, W. 2018. *Material Katalis Dan Karakternya*. Yogyakarta: UGM Press.
- Tsani, Fatimatust 2011. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/ γ -Al₂O₃ untuk Sintesis Bahan Bakar Bio dari Minyak Jarak melalui Pirolisis Berkatalis. *Repositori Universitas Indonesia*.
- Veriansyah, B. Jae, Y.H. Seo, K.K. Seung-Ah, H. Youg, J.K. Jong, S.L. Young, W.S. Seong, G.O. dan Jaehoon, K. 2012. Production of renewable diesel by hydrocarbon of soybean oil: effect of catalyst. *Fuel*. 94: 578-579.
- Wang, Cheng-Chi dan Ying, Jackie Y. 1999. Sol Gel Synthesis and Hydrothermal Processing of Anatase and Rutile Titania Nanocrystals. *Chem. Mater*. Vol.11. No.11
- Wibisono, Y. 2017. *Biomaterial Dan Bioproduk*. Malang: UB Press.
- Wijanarko, A. Dadi, A.M. dan Mohammad, N. 2006. Produksi *biogasoline* dari minyak sawit melalui reaksi perengkahan katalitik dengan katalis γ Alumina. *Makara Teknologi*. 10(2): 51-512.
- Yang, Y. Qingfa, W. Hao, C. Xiangwen, Z. 2014. Enhacing selective hydrocarbon of C₁₈ fatty acid into hydrocarbon by hidrogen donors. *Fuel*. 133: 241-242.
- Young, Jay.A. 2002. Chemical Laboratory Information Profile. *Journal Of Chemical Education*. 79(1):24.
- Yuan, J., S. Li, L. Yu, Y. Liu, dan Y. Cao. 2013. Efficient catalytic hydrogenolysis of glycerol using formic acid as hydrogen source. *Cuihua Xuebao/Chinese Journal of Catalysis*. 34(11):2066–2076.



LAMPIRAN

Lampiran 3.1 Perhitungan Preparasi Katalis

Perumpamaan Katalis = 1 gram

3% Ni = 0,03 gram

12% Mo = 0,12 gram

85% γ -Al₂O₃ = 0,85 gram

3.1.1 Pembuatan 3% Ni dalam Ni(NO₃)₂ · 6H₂O

Diketahui Berat molekul Ni(NO₃)₂ · 6H₂O = 286,69 g/mol

Berat Atom Ni = 58,69 g/mol

$$0,03 \text{ gram AHM} = \frac{\text{Berat molekul Ni(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{\text{Berat atom Ni}} \times 0,03 \text{ gram}$$

$$0,03 \text{ gram AHM} = \frac{286,69 \text{ g/mol}}{58,69 \text{ g/mol}} \times 0,03 \text{ gram}$$

$$0,03 \text{ gram AHM} = 0,146 \text{ gram}$$

3.1.2 Pembuatan 12% Mo dalam (NH₄)₆ Mo₇ · O₂₄ · 4H₂O

Diketahui Berat molekul (NH₄)₆ Mo₇ · O₂₄ · 4H₂O = 1187,65 g/mol

Berat atom Mo = 95,95 g/mol

$$0,12 \text{ gram Mo} = \frac{\text{BM (NH}_4)_6\text{.Mo}_7\text{.O}_{24}\text{.4H}_2\text{O}}{7 \text{ BA Mo}} \times 0,12 \text{ gram}$$

$$0,12 \text{ gram Mo} = \frac{1187,65 \text{ g/mol}}{7 \times 95,95 \text{ g/mol}} \times 0,03 \text{ gram}$$

$$0,12 \text{ gram Mo} = \frac{1187,65 \text{ g/mol}}{671,65 \text{ g/mol}} \times 0,03 \text{ gram}$$

$$0,12 \text{ gram Mo} = 0,212 \text{ gram}$$

Lampiran 3.2 Penentuan Massa Jenis Asam Oleat dengan Piknometer

Diketahui Massa piknometer kosong = 15,802 gram

Massa piknometer dan asam oleat = 24,251 gram

Volume asam oleat = 10 mL

$$p = \frac{\text{massa piknometer dan asam oleat} - \text{massa piknometer kosong}}{\text{volume}}$$

$$= \frac{24,251 \text{ gram} - 15,802 \text{ gram}}{10 \text{ mL}} = \frac{8,449 \text{ gram}}{10 \text{ mL}} = 0,8449 \text{ gram/mL}$$

Lampiran 3.3 Penentuan Berat Molekul Asam Oleat

No	Asam lemak	Rumus Molekul	Berat Molekul	% Area	% Area x Berat Molekul
1.	Octanoic Acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	144,219 g/mol	0,27 %	38,937 %
2.	Decanoic Acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172,260 g/mol	1,46 %	251,499 %
3.	Dodecanoic Acid	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	200,318 g/mol	6,57 %	1.316,088 %
4.	9-Octadecenoic Acid	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282,470 g/mol	88,99 %	25.137,005 %

5.	Octadecanoic Acid	$C_{18}H_{36}O_2$	284,480 gram/mol	2,71 %	770,941 %
			Total = 1.083,738 gram/mol	Total = 100%	Total = 27.559,470 %

Berdasarkan data hasil GC-MS dalam tabel maka dapat dihitung

$$\begin{aligned} \text{Berat Molekul rata-rata asam lemak} &= \frac{\sum \% \text{ area} \times \text{berat molekul}}{100} \\ &= \frac{27.559,470}{100} = 275,594 \text{ gram/mol} \end{aligned}$$

Lampiran 3.4 Perhitungan perbandingan mol asam format : asam oleat

3.4.1 Perhitungan Konsentrasi Asam Format

Diketahui	Konsentrasi	= 100%
	ρ	= 1,22 g/mL
	BM	= 46,03 g/mol
	Volume	= 1000 mL

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

$$\text{Massa} = \rho \times \text{volume}$$

$$\text{Massa} = 1,22 \text{ gram/mL} \times 1000 \text{ mL}$$

$$\text{Massa} = 1220 \text{ gram}$$

$$\text{Asam format} = \frac{100}{100} \times 1220 \text{ gram}$$

$$\text{Asam format} = 1220 \text{ gram}$$

$$\text{Mol asam format} = \frac{\text{massa}}{\text{BM}} = \frac{1220 \text{ gram}}{46,03 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}} = 26,50 \text{ mol}$$

$$\text{Konsentrasi asam format} = \frac{n}{v} = \frac{26,50 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 26,50 \text{ mol/L}$$

3.4.2 Perhitungan Perbandingan Asam Format dan Asam Oleat 3:1 (0,03 mol asam format : 0,01 mol asam oleat)

- 0,03 mol asam format

$$\text{Diketahui berat molekul asam format} = 46,03 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Massa} = \text{Berat molekul} \times \text{mol}$$

$$= 46,03 \text{ gram/mol} \times 0,03 \text{ mol}$$

$$= 1,380 \text{ gram}$$

- 0,01 mol asam oleat

Diketahui berat molekul asam oleat = 275,594 gram/mol

Massa = Berat molekul x mol

$$= 275,594 \text{ gram/mol} \times 0,01 \text{ mol}$$

$$= 2,756 \text{ gram}$$

3.4.3 Perhitungan Perbandingan Asam Format dan Asam Oleat 4:1 (0,04 mol asam format : 0,01 mol asam oleat)

- 0,04 mol asam format

Diketahui berat molekul asam format = 46,03 gram/mol

Massa = Berat molekul x mol

$$= 46,03 \text{ gram/mol} \times 0,04 \text{ mol}$$

$$= 1,841 \text{ gram}$$

3.4.4 Perhitungan Perbandingan Asam Format dan Asam Oleat 5:1 (0,05 mol asam format : 0,01 mol asam oleat)

- 0,05 mol asam format

Diketahui berat molekul asam format = 46,03 gram/mol

Massa = Berat molekul x mol

$$= 46,03 \text{ gram/mol} \times 0,05 \text{ mol}$$

$$= 2,302 \text{ gram}$$

3.4.5 Perhitungan 5% katalis NiMo/ γ -Al₂O₃

- Massa katalis

Diketahui massa asam oleat = 2,756 gram

- 5% Katalis = 2,756 gram x 0,05

$$= 0,138 \text{ gram}$$

Lampiran 3.5 Perhitungan pembutan larutan standar

- Perhitungan $\% \frac{\text{massa}}{\text{Volume}}$ asam oleat

$$\% \frac{\text{massa}}{\text{Volume}} = \frac{3,756}{10} \times 100 = 27,560\%$$

- Pembuatan larutan induk 40% dalam 25 mL

$$\% \frac{\text{massa}}{\text{Volume}} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \times 100 = 32\%$$

$$40\% = \frac{\text{massa}}{25 \text{ mL}} \times 100$$

$$\text{volume} = \frac{1000}{100} = 10 \text{ gram}$$

- Pengenceran menjadi 30 % dalam 10 mL

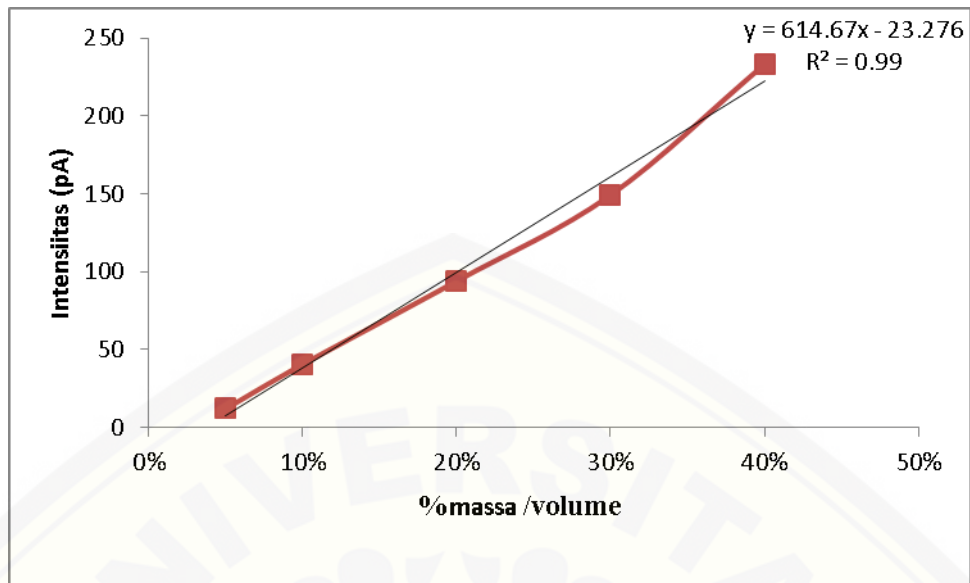
$$\% \frac{\text{massa}}{\text{Volume}}_1 \times V_1 = \% \frac{\text{massa}}{\text{Volume}}_2 \times V_2$$

$$30\% \times 10 \text{ mL} = 40\% \times V_2$$

$$V_2 = 7,5 \text{ mL}$$

*) Dengan cara yang sama digunakan untuk menghitung pengenceran 20%, 10% dan 5%.

% massa / volume	Rata-			rata pA
	pA 1	pA2	pA3	
40%	236,812	230,675	232,145	233,210
30%	150,221	145,881	151,456	149,186
20%	9,875	94,877	92,223	93,992
10%	41,997	40,197	39,486	40,560
5%	13,690	11,222	11,321	12,077



Dalam proses reaksi digunakan 27,56%, maka pA =

$$\frac{30\%}{150,221} = \frac{27,56\%}{pA}$$

$$pA = \frac{150,221 \times 27,56\%}{30\%}$$

$$= 138,003$$

Lampiran 3.6 Perhitungan Konversi Asam Lemak

3.6.1 Asam Oleat

- Variasi perbandingan mol

perbandingan mol	Pengulangan	pA standar	pA sampel	%konversi	Rata-rata konversi
3:01	1	138,003	137,217	0,569	0,855
	2	138,003	135,998	1,452	
	3	138,003	137,254	0,542	
4:01	1	138,003	0	100	100
	2	138,003	0	100	
	3	138,003	0	100	
5:01	1	138,003	0	100	100
	2	138,003	0	100	

		3	138,003	0	100	
• Variasi suhu						
Suhu	pengulangan		pA standar	pA sampel	%konversi	Rata-rata konversi
200	1		138,003	0	100	100
	2		138,003	0	100	
	3		138,003	0	100	
225	1		138,003	13,696	90,075	89,744
	2		138,003	14,830	89,929	
	3		138,003	14,866	89,228	
250	1		138,003	40,197	70,872	71,809
	2		138,003	38,406	72,170	
	3		138,003	38,107	72,387	

3.6.2 Asam Laurat

- Variasi perbandingan mol

perbandingan mol	Pengulangan		pA standar	pA sampel	%konversi	Rata-rata konversi
3:01	1		138,003	26,069	81,109	81,646
	2		138,003	25,550	81,459	
	3		138,003	24,368	82,342	
4:01	1		138,003	19,361	85,970	85,817
	2		138,003	20,446	85,184	
	3		138,003	18,991	86,296	
5:01	1		138,003	20,628	85,052	83,070
	2		138,003	23,464	82,997	
	3		138,003	25,999	81,161	

- Variasi suhu

Suhu	Pengulangan		pA standar	pA sampel	%konversi	Rata-rata konversi
200	1		138,003	19,361	85,970	85,817
	2		138,003	20,446	85,184	
	3		138,003	18,911	86,296	
225	1		138,003	21,885	84,141	83,863
	2		138,003	21,799	84,203	
	3		138,003	23,123	83,244	
250	1		138,003	21,628	84,327	84,692
	2		138,003	20,874	84,874	
	3		138,003	20,874	84,874	

3.6.3 Asam stearat

- Variasi perbandingan mol

perbandingan mol	pengulangan	pA standar	PA sampel	%konversi	Rata-rata konversi
3:01	1	138,003	29,382	99,978	99,979
	2	138,003	27,746	99,979	
	3	138,003	27,022	99,980	
4:01	1	138,003	33,355	99,975	99,977
	2	138,003	31,724	99,977	
	3	138,003	29,353	99,078	
5:01	1	138,003	15,429	99,988	99,988
	2	138,003	15,913	99,988	
	3	138,003	17,537	99,987	

- Variasi suhu

Suhu	Pengulangan	pA standar	PA sampel	%konversi	Rata-rata konversi
200	1	138,003	33,355	99,981	99,983
	2	138,003	31,724	99,982	
	3	138,003	29,353	99,983	
225	1	138,003	0	100	100
	2	138,003	0	100	
	3	138,003	0	100	
250	1	138,003	0	100	100
	2	138,003	0	100	
	3	138,003	0	100	

Berdasarkan pada Lampiran 3.6 maka nilai konversi asam lemak dapat dihitung dengan cara berikut:

$$\text{Konversi} = \frac{pA \text{ Standart} - pA \text{ Sampel}}{pA \text{ Standart}} \times 100\%$$

$$\text{Konversi} = \frac{138,003 - 137,217}{138,003} \times 100\%$$

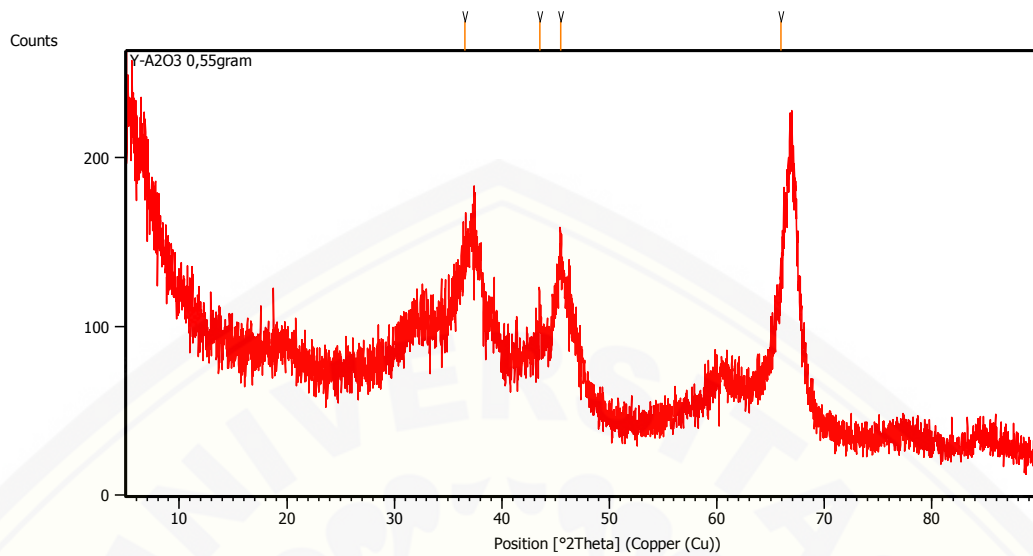
$$\text{Konversi} = 0,569\%$$

- Rata-rata konversi asam lemak

$$\% \text{ konversi rata - rata} = \frac{(0,569 + 1,452 + 0,542)}{3} = 0,855 \%$$

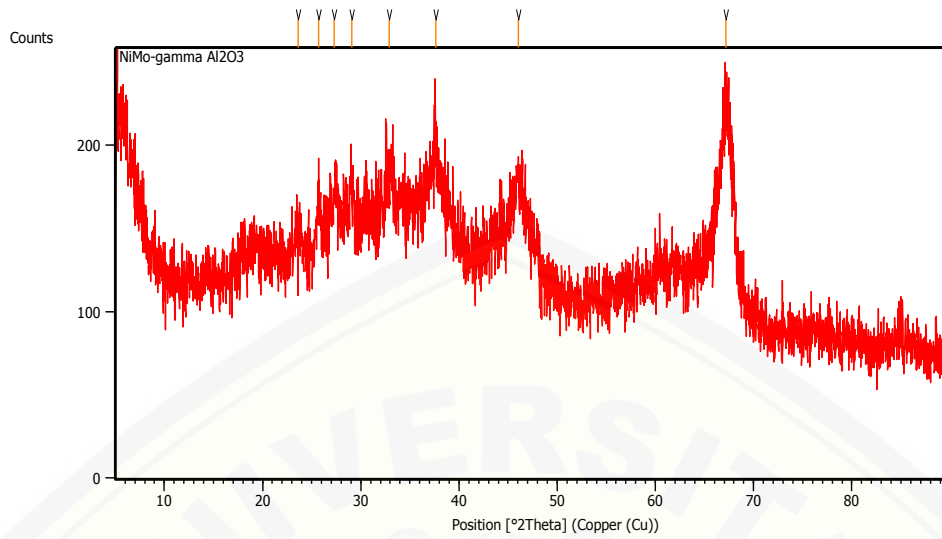
*) Dengan menggunakan rumus yang sama untuk mencari konversi dan rata-rata konversi.

Lampiran 3. 7 Hasil karakterisasi X-Ray Diffraction

3.7.1 Hasil XRD γ -Al₂O₃

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
36.5630	95.83	0.0900	2.45564	93.33
43.5564	23.64	0.2007	2.07792	23.02
45.4994	51.55	0.5353	1.99360	50.21
65.9681	102.67	0.0900	1.41494	100.00

3.7.2 Hasil XRD Ni-Mo/ γ -Al₂O₃

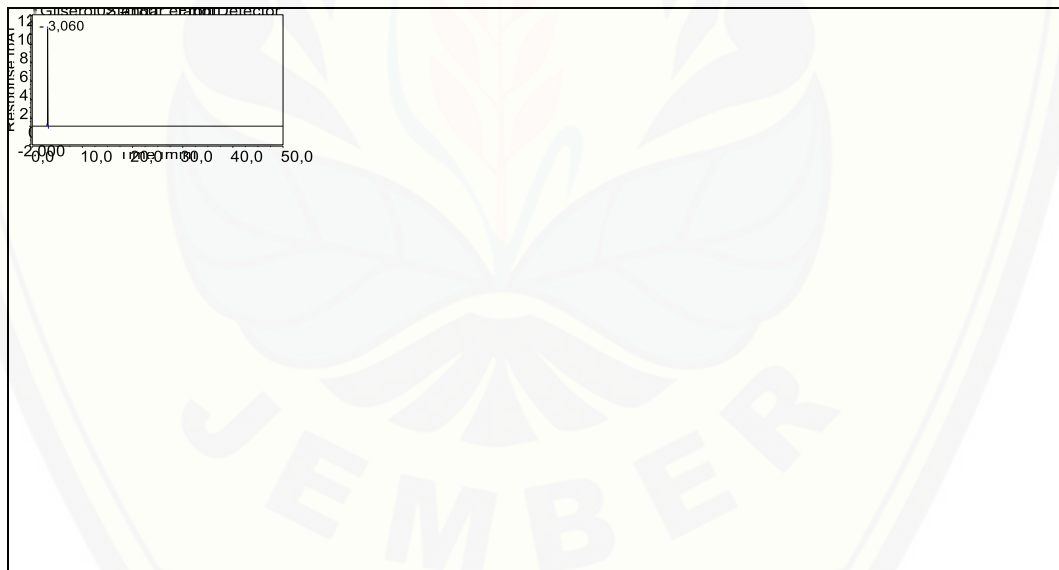


Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
23.6332	13.24	0.6691	3.76472	14.80
25.7056	32.67	0.3346	3.46571	36.50
27.2921	25.10	0.8029	3.26774	28.04
29.0757	24.78	0.4015	3.07122	27.69
32.9218	27.67	0.8029	2.72069	30.91
37.6288	39.31	0.4015	2.39048	43.92
46.0765	31.82	0.5353	1.96996	35.55
67.1554	89.50	0.4684	1.39393	100.00

Lampiran 3. 8 Hasil kromatogram GC

3.8.1 Hasil kromatogram larutan standar etanol

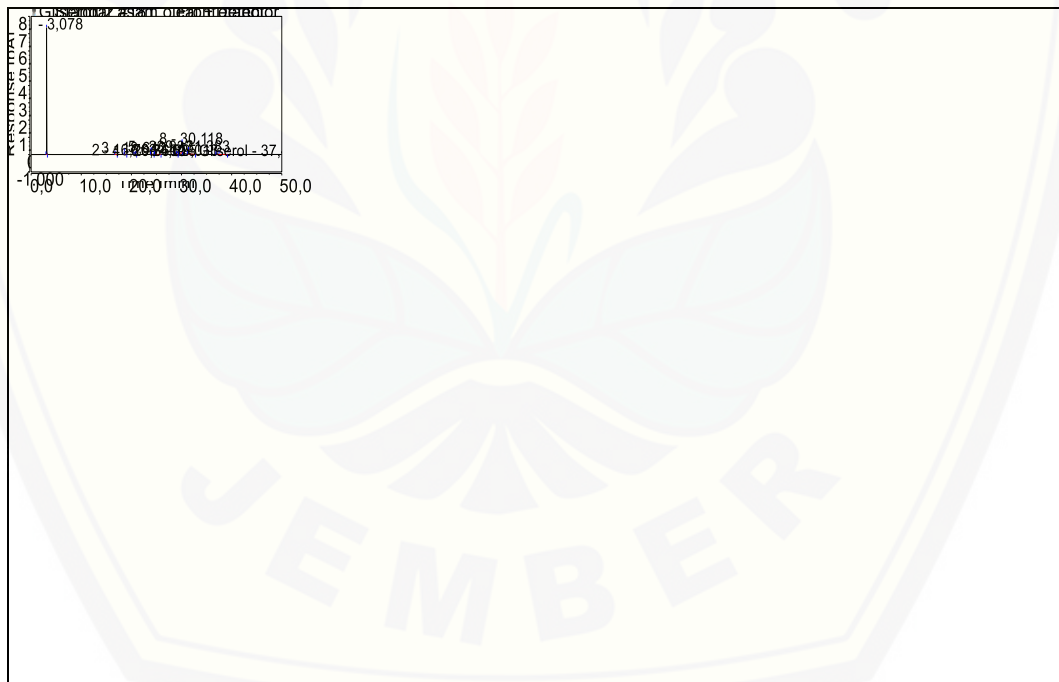
Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Standar etanol	<i>Run Time (min):</i>	50,00
<i>Vial Number:</i>	5	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol02	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	04/dec/19 10.21	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,060	466,646	10438,4335	100,00	100,00	n.a.
Total			466,646	10438,4335	100,00	100,00	

3.8.2 Hasil kromatogram larutan standar asam oleat

Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Standar asam oleat + etanol	<i>Run Time (min):</i>	50,00
<i>Vial Number:</i>	2	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol02	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	04/dec/19 11.18	<i>Sample Weight:</i>	1,0000

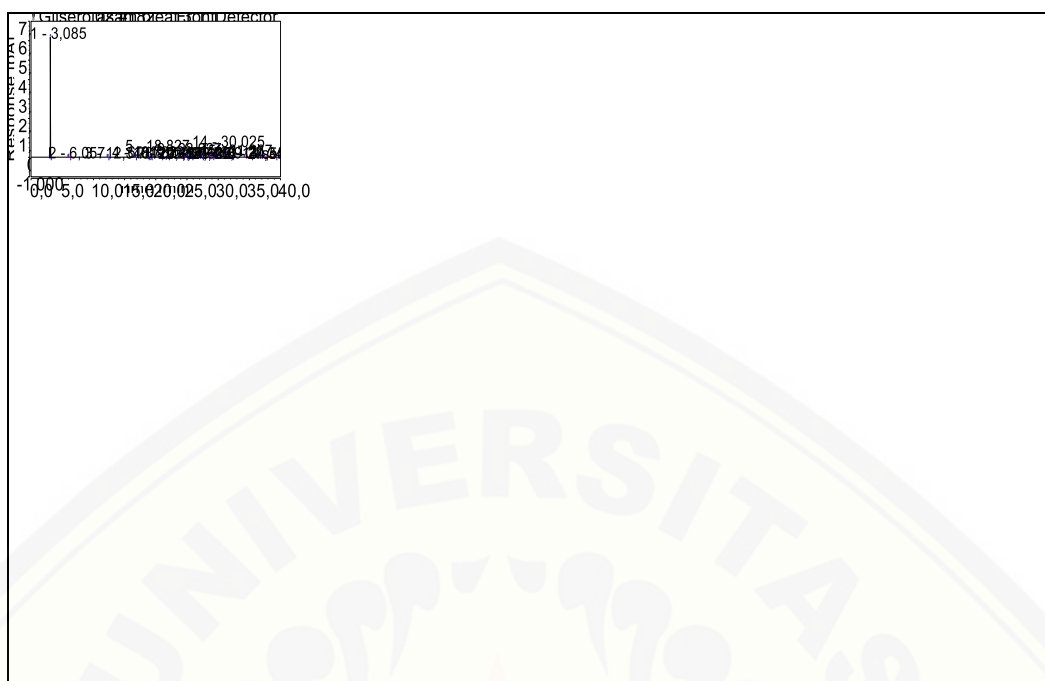


Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time Min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,078	252,744	7326,765	40,54	85,13	n.a.
2		16,763	1,879	45,633	0,30	0,53	n.a.
3		18,642	7,799	160,842	1,25	1,87	n.a.
4		20,860	1,057	9,261	0,17	0,11	n.a.
5		23,937	27,372	231,821	4,39	2,69	n.a.
6		24,625	1,869	5,773	0,30	0,07	n.a.
7		29,013	5,127	14,323	0,82	0,17	n.a.
8		30,118	261,492	577.680	41,94	6,71	n.a.
9		31,383	62,616	231,588	10,04	2,69	n.a.
10		37,473	1,553	2,8899	0,25	0,03	0,6003
Total:			623,502	8606,585	100,00	100,00	

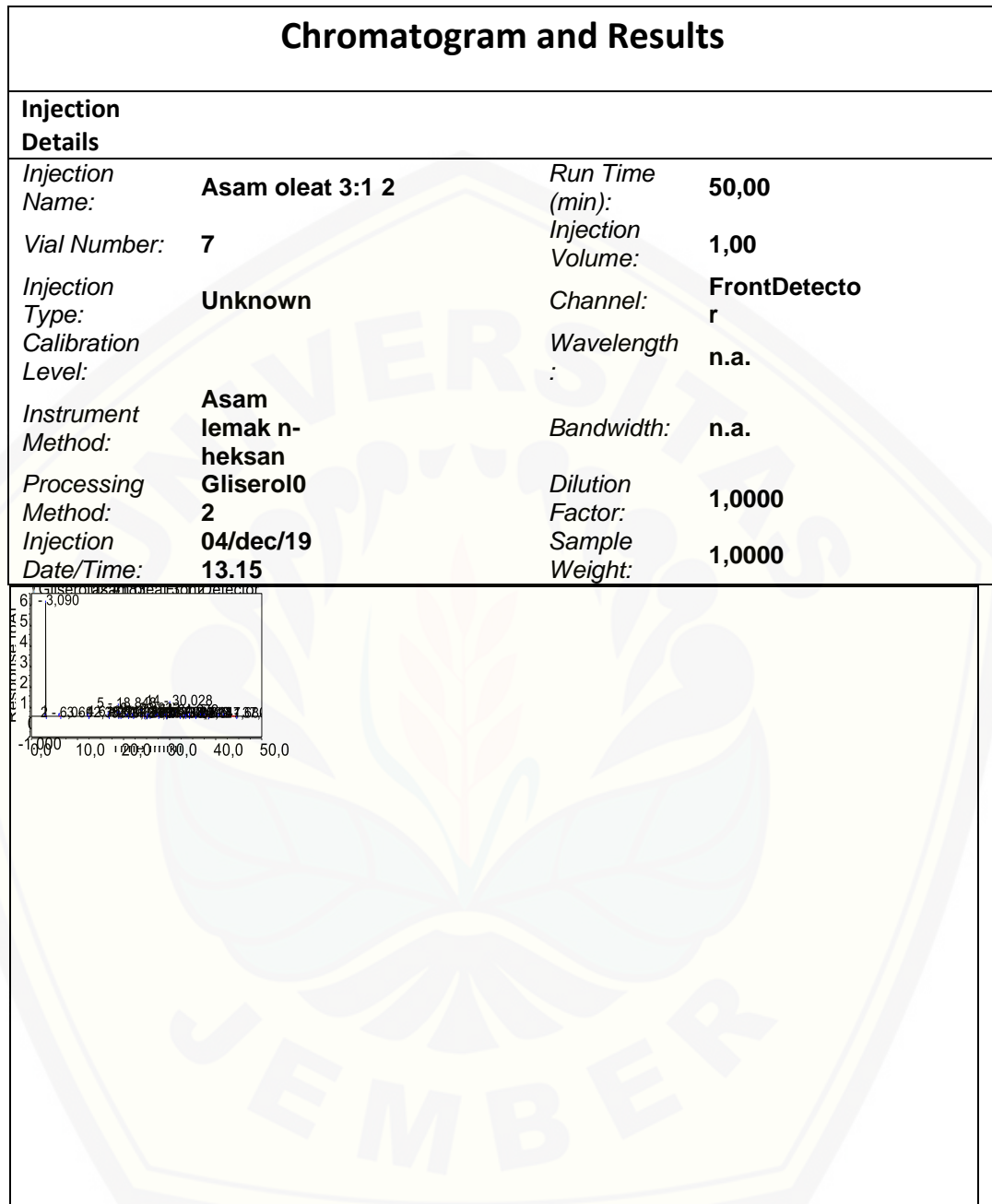
3.8.3 Hasil kromatogram asam oleat suhu 200/3:1/6jam pengulangan ke 1

Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 3:1 1	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	7	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol02	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	04/dec/19 12.27	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,085	200,145	6170,497	38,73		
2		6,057	1,336	24,202	0,26	81,32	n.a.
3		12,348	0,679	14,340	0,13	0,32	n.a.
4		16,732	3,806	51,177	0,74	0,19	n.a.
5		18,827	30,812	386,786	5,96	0,67	n.a.
6		19,208	3,023	53,116	0,58	5,10	n.a.
7		20,857	1,281	9,137	0,25	0,70	n.a.
8		22,000	0,676	8,949	0,13	0,12	n.a.
9		23,927	26,069	224,668	5,04	0,12	n.a.
10		24,622	1,377	4,677	0,27	2,96	n.a.
11		25,438	1,044	4,293	0,20	0,06	n.a.
12		27,348	0,595	2,578	0,12	0,03	n.a.
13		28,913	5,481	16,321	1,06	0,22	n.a.
14		30,025	137,217	488,459	40,31	6,44	n.a.
15		31,267	29,382	124,268	5,69	1,64	n.a.
16		34,557	0,516	1,026	0,10	0,01	n.a.
17		37,440	2,259	3,452	0,44	0,05	0,6154
Total:			516,813	7587,946	100,00	100,00	

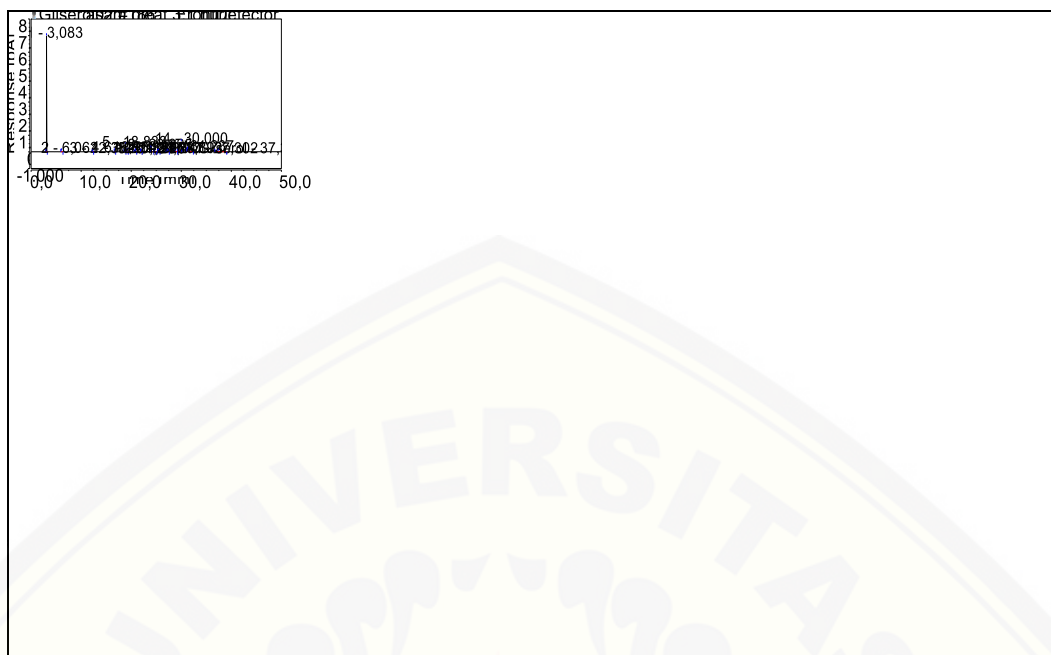
3.8.4 Hasil kromatogram asam oleat suhu 200/3:1/6jam pengulangan ke 2



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1							
2		3,090	194,162	5500,899	38,50	78,27	n.a.
3		6,060	1,600	22,348	0,32	0,32	n.a.
4		12,353	0,943	19,907	0,19	0,28	n.a.
5		16,742	4,737	74,133	0,94	1,05	n.a.
6		18,848	21,426	443,685	4,25	6,31	n.a.
7		19,218	4,260	72,002	0,84	1,02	n.a.
8		20,858	1,334	9,728	0,26	0,14	n.a.
9		21,990	0,799	10,723	0,16	0,15	n.a.
10		23,932	25,550	218,285	5,07	3,11	n.a.
11		24,618	1,271	4,349	0,25	0,06	n.a.
12		25,458	1,212	5,738	0,24	0,08	n.a.
13		27,347	0,842	3,224	0,17	0,05	n.a.
14		28,908	5,384	16,013	1,07	0,23	n.a.
15		30,028	135,998	494,860	40,49	7,04	n.a.
16		31,272	27,746	118,528	5,50	1,69	n.a.
17		33,492	0,724	2,725	0,14	0,04	n.a.
18		33,810	2,528	3,849	0,50	0,05	n.a.
19		34,313	1,940	2,979	0,38	0,04	n.a.
20		37,433	1,735	3,165	0,34	0,05	0,6042
		41,680	1,900	1,113	0,38	0,02	n.a.
Total:			504,266	7028,252	100,00	100,00	

3.8.5 Hasil kromatogram asam oleat suhu 200/3:1/6jam pengulangan ke 3

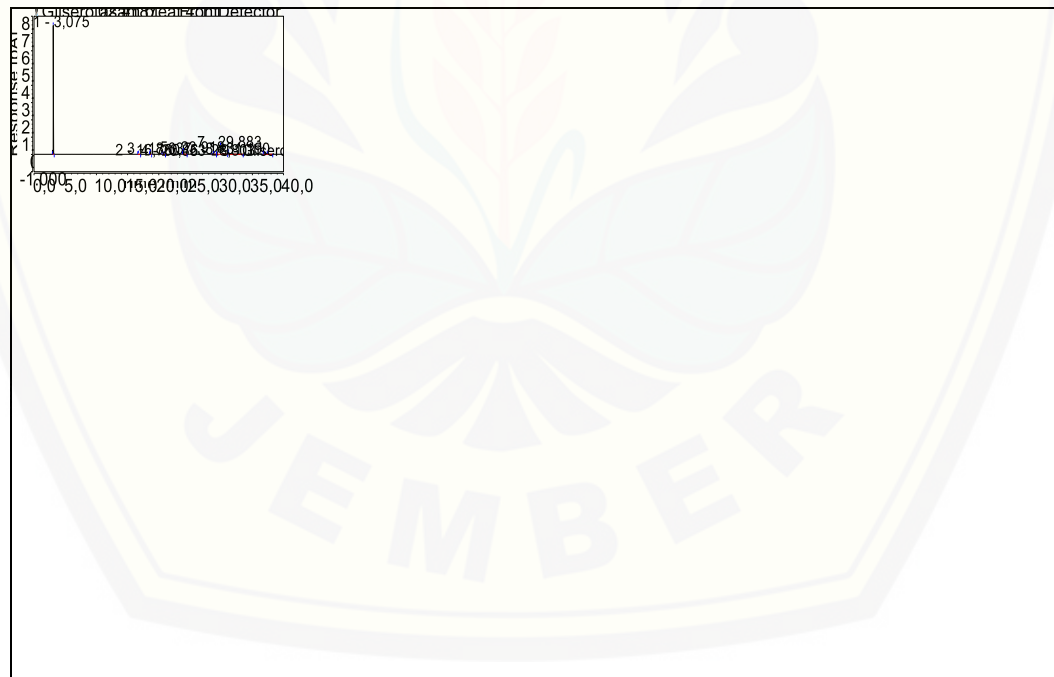
Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 3:1	<i>Run Time (min):</i>	50,00
<i>Vial Number:</i>	7	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol02	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	05/dec/19 11.24	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,083	233,983	6951,663	44,44	83,35	
2		6,062	1,296	25,346	0,25	0,30	n.a.
3		12,352	0,680	14,356	0,13	0,17	n.a.
4		16,750	3,732	61,021	0,71	0,73	n.a.
5		18,833	30,801	382,482	5,85	4,59	n.a.
6		19,212	3,045	52,816	0,58	0,63	n.a.
7		20,852	1,246	9,283	0,24	0,11	n.a.
8		21,987	0,711	9,350	0,14	0,11	n.a.
9		23,925	24,368	211,917	4,63	2,54	n.a.
10		24,617	1,037	4,085	0,20	0,05	n.a.
11		25,447	0,775	4,458	0,15	0,05	n.a.
12		27,302	0,534	1,813	0,10	0,02	n.a.
13		28,893	5,232	15,119	0,99	0,18	n.a.
14		30,000	137,254	484,196	36,08	5,81	n.a.
15		31,237	27,022	108,869	5,133	1,31	n.a.
16		37,383	2,061	3,356	0,39	0,04	n.a.
Total:			526,505	8340,129	100,00	100,00	0,6112

3.8.6 Hasil kromatogram asam oleat suhu 200/4:1/6jam pengulangan ke 1

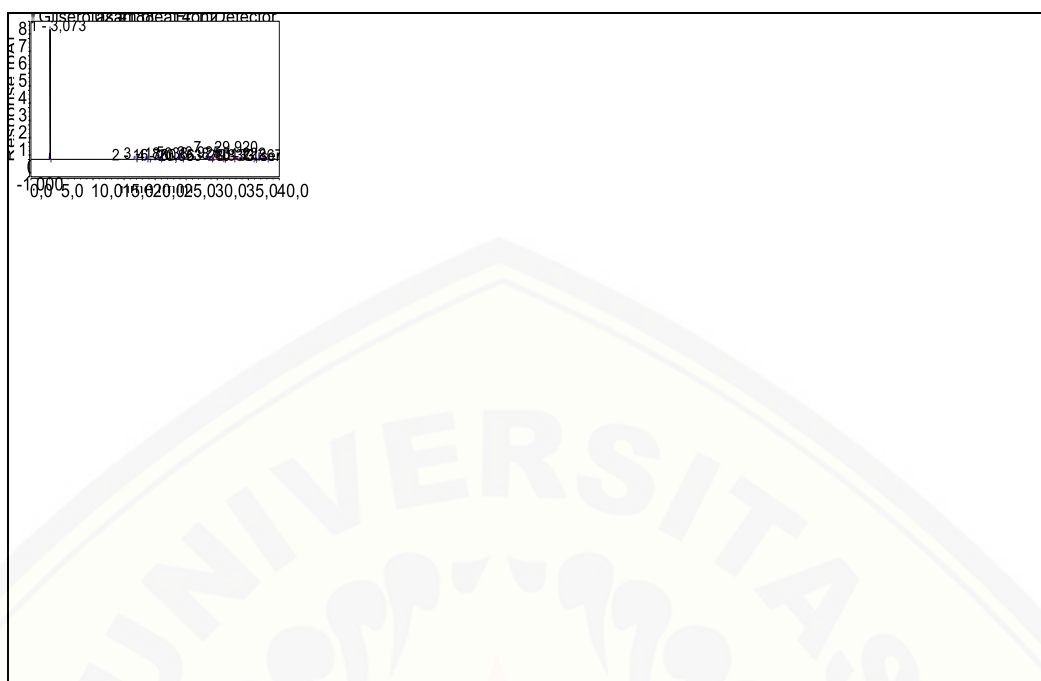
Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 4:1 1	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	8	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol02	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	05/dec/19 12.26	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,075	258,968	7451,515	47,89	88,76	n.a.
2		16,760	1,335	30,586	0,25	0,36	n.a.
3		18,637	5,798	114,458	1,07	1,36	n.a.
4		20,853	0,742	6,549	0,14	0,08	n.a.
5		23,918	19,361	176,100	3,58	2,10	n.a.
6		28,808	5,442	16,314	1,01	0,19	n.a.
7		29,883	183,577	492,339	39,61	5,86	n.a.
8		31,190	33,355	105,039	6,17	1,25	n.a.
9		37,385	1,597	2,694	0,30	0,03	0,6012
Total:			504,796	8395,594	100,00	100,00	

3.8.7 Hasil kromatogram asam oleat suhu 200/4:1/6jam pengulangan ke 2

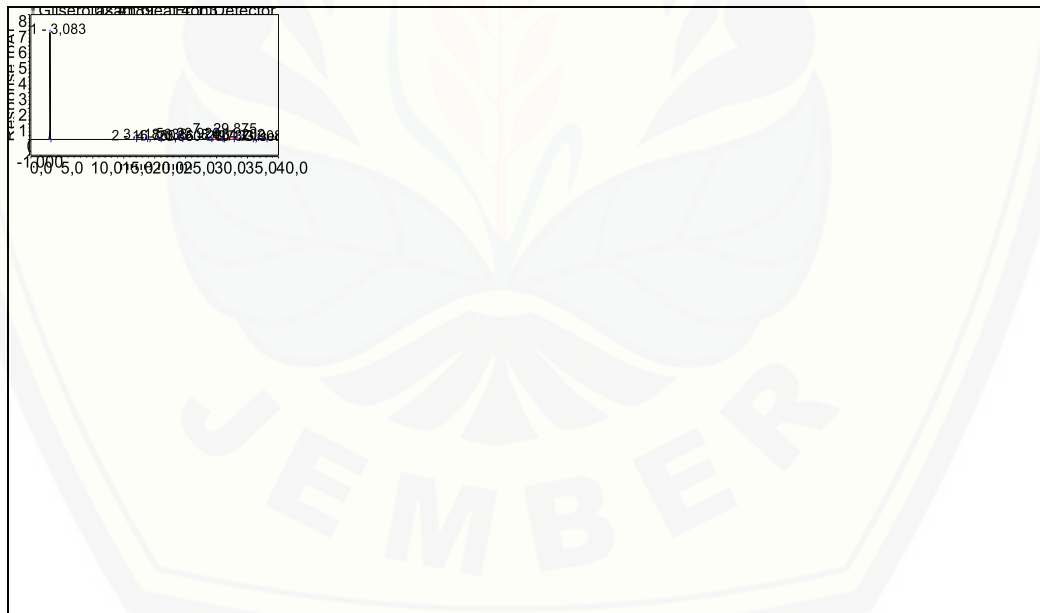
Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 4:1 2	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	8	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol0 2	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	05/dec/19 13.11	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,073	255,291	7516,963	44,92	88,42	n.a.
2		16,760	1,429	32,886	0,25	0,39	n.a.
3		18,638	6,404	123,925	1,13	1,46	n.a.
4		20,853	0,759	6,984	0,133	0,08	n.a.
5		23,925	20,446	185,936	3,60	2,19	n.a.
6		28,920	5,634	16,367	0,99	0,19	n.a.
7		29,920	183,879	492,571	39,48	5,79	n.a.
8		31,222	31,724	107,808	5,58	1,27	n.a.
9		33,867	20,791	15,033	3,66	0,18	n.a.
10		37,393	1,531	2,724	0,27	0,03	0,5998
Total:			568,383	8501,196	100,00	100,00	

3.8.8 Hasil kromatogram asam oleat suhu 200/4:1/6jam pengulangan ke 3

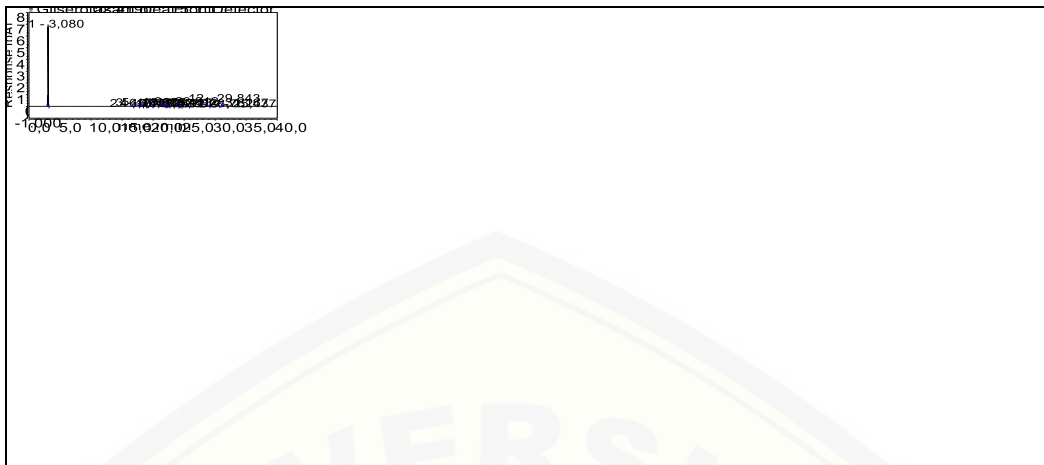
Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 4;1 3	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	8	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol02	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	05/dec/19 14.08	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,0833	294,025	6845,940	46,1	87,89	n.a.
2		16,760	1,477	33,055	0,27	0,42	n.a.
3		18,638	6,382	117,480	1,18	1,51	n.a.
4		20,850	0,724	6,844	0,13	0,09	n.a.
5		23,920	18,911	175,022	3,49	2,25	n.a.
6		28,787	5,139	15,805	0,95	0,20	n.a.
7		29,875	184,551	475,819	38,27	6,11	n.a.
8		31,202	29,353	100,772	5,42	1,29	n.a.
9		33,908	21,652	15,558	4,00	0,20	n.a.
10		37,939	1,429	2,635	0,26	0,03	0,5976
Total:			541,197	7788,930	100,00	100,00	

3.8.9 Hasil kromatogram asam oleat suhu 200/5:1/6jam pengulangan ke 1

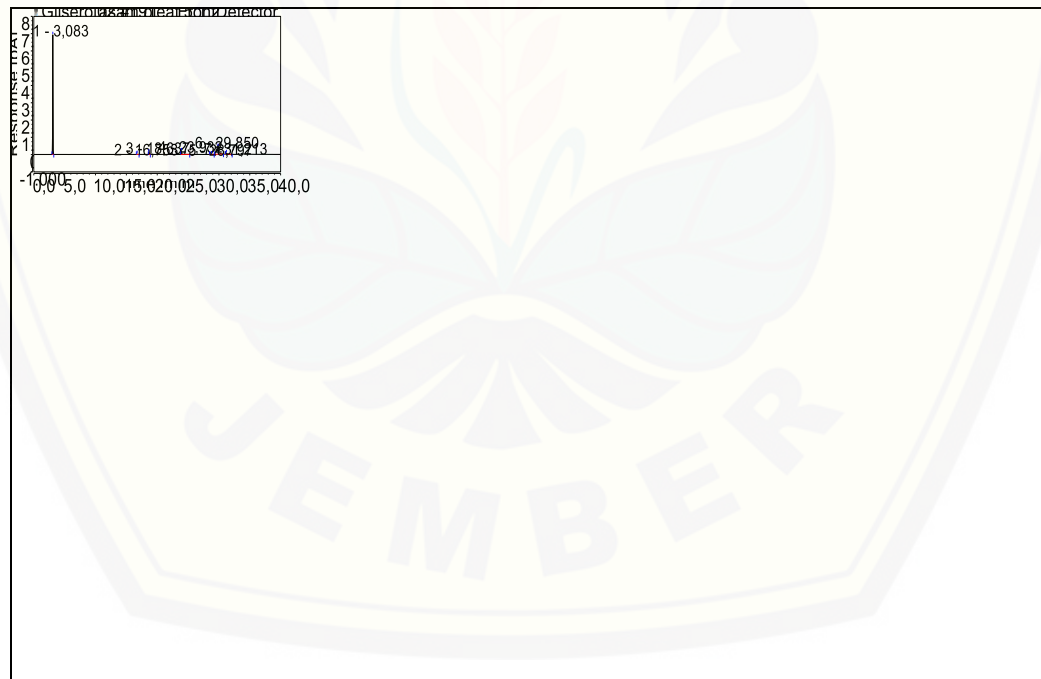
Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 5;1 1	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	9	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol02	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	06/dec/19 10.17	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,080	252,434	6798,420	48,07	85,67	n.a.
2		16,747	1,862	43,249	0,35	0,55	n.a.
3		17,672	12,829	94,660	2,44	1,19	n.a.
4		18,378	3,117	35,712	0,59	0,45	n.a.
5		18,628	10,826	134,380	2,06	1,69	n.a.
6		19,857	6,906	57,733	1,31	0,73	n.a.
7		21,692	3,769	9,629	0,72	0,12	n.a.
8		22,268	4,614	14,724	0,88	0,19	n.a.
9		23,912	20,628	192,181	3,93	2,42	n.a.
10		25,437	1,237	7,255	0,24	0,09	n.a.
11		28,762	5,001	18,192	0,95	0,23	n.a.
12		29,843	182,333	455,224	35,51	5,74	n.a.
13		31,167	15,429	73,925	2,94	0,93	n.a.
Total:			525,155	7935,285	100,00	100,00	

3.8.10 Hasil kromatogram asam oleat suhu 200/5:1/6jam pengulangan ke 2

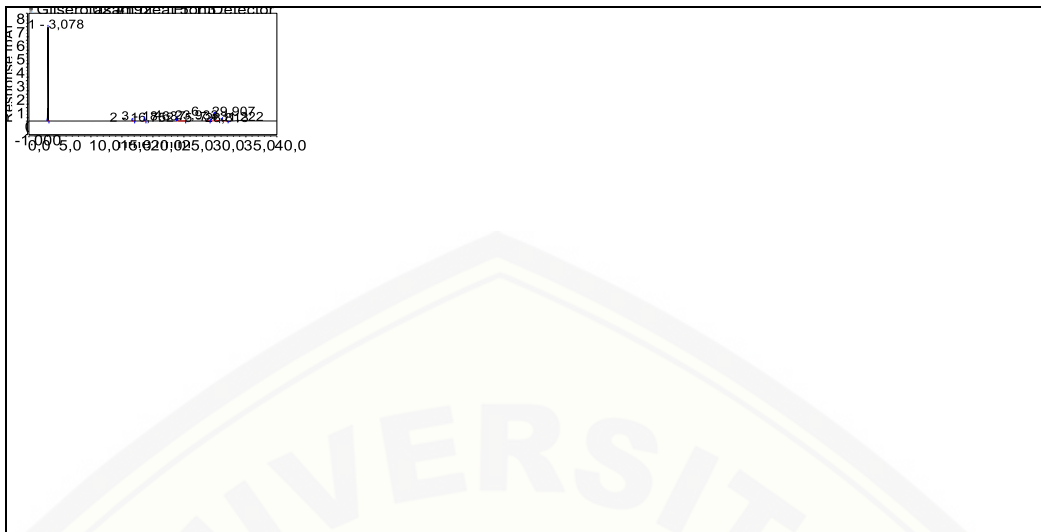
Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 5;1 2	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	9	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol 2	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	06/dec/19 11.02	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,083	246,858	6921,631	51,05	88,52	n.a.
2		16,753	1,906	42,065	0,39	0,54	n.a.
3		18,637	9,603	128,404	1,99	1,64	n.a.
4		23,932	23,464	196,303	4,85	2,51	n.a.
5		28,797	5,345	18,282	1,11	0,23	n.a.
6		29,850	180,440	437,840	37,32	5,60	n.a.
7		31,213	15,913	74,523	3,29	0,95	n.a.
Total:			483,529	7819,049	100,00	100,00	

3.8.11 Hasil kromatogram asam oleat suhu 200/5:1/6jam pengulangan ke 3

Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 5;1 3	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	9	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol0 2	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	06/dec/19 11.46	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,078	246,686	6945,376	48,49	87,54	n.a.
2		16,752	2,164	47,349	0,43	0,60	n.a.
3		18,637	11,028	142,868	2,17	1,80	n.a.
4		23,933	25,999	216,183	5,11	2,72	n.a.
5		28,813	5,666	18,647	1,11	0,24	n.a.
6		29,907	180,321	480,335	39,24	6,05	n.a.
7		31,222	17,537	83,149	3,45	1,05	n.a.
Total:			508,700	7933,906	100,00	100,00	

3.8.12 Hasil kromatogram asam oleat suhu 225/4:1/6jam pengulangan ke 1

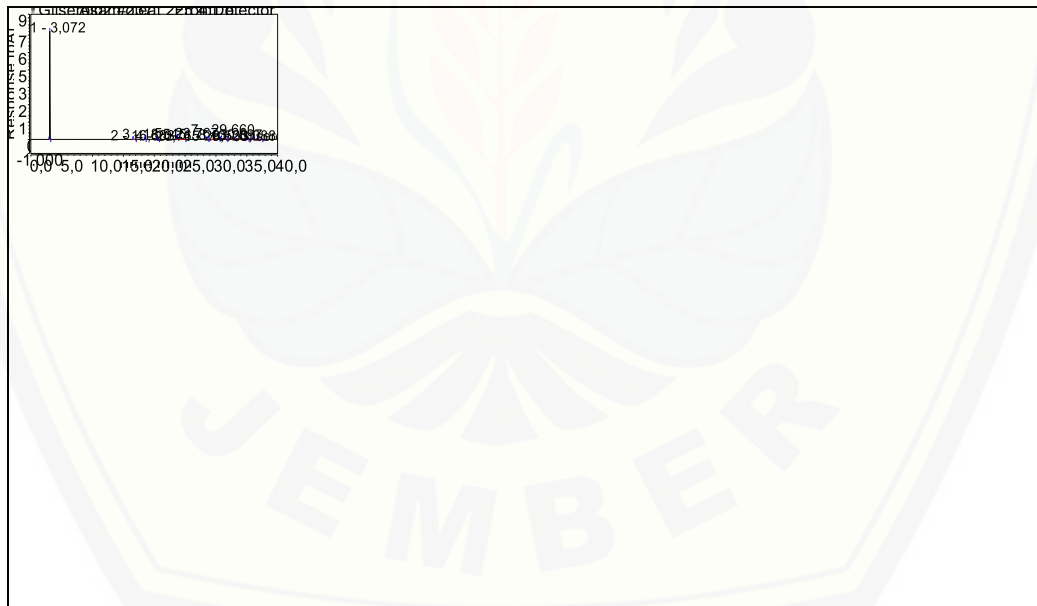
Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 225 4:1 a	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	18	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol0 2	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	19/dec/19 10.55	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,070	286,658	8119,868	53,89	90,36	n.a.
2		16,660	1,276	32,218	0,26	0,36	n.a.
3		18,542	4,929	120,367	0,99	1,34	n.a.
4		20,708	0,656	7,387	0,13	0,08	n.a.
5		23,760	21,885	186,668	4,39	2,08	n.a.
6		28,483	5,478	18,308	1,10	0,20	n.a.
7		29,640	183,121	480,837	36,06	4,79	n.a.
8		30,890	13,696	67,455	2,75	0,75	n.a.
9		36,802	2,155	3,185	0,43	0,04	n.a.
Total:			498,512	8986,193	100,00	100,00	

3.8.13 Hasil kromatogram asam oleat suhu 225/4:1/6jam pengulangan ke 2

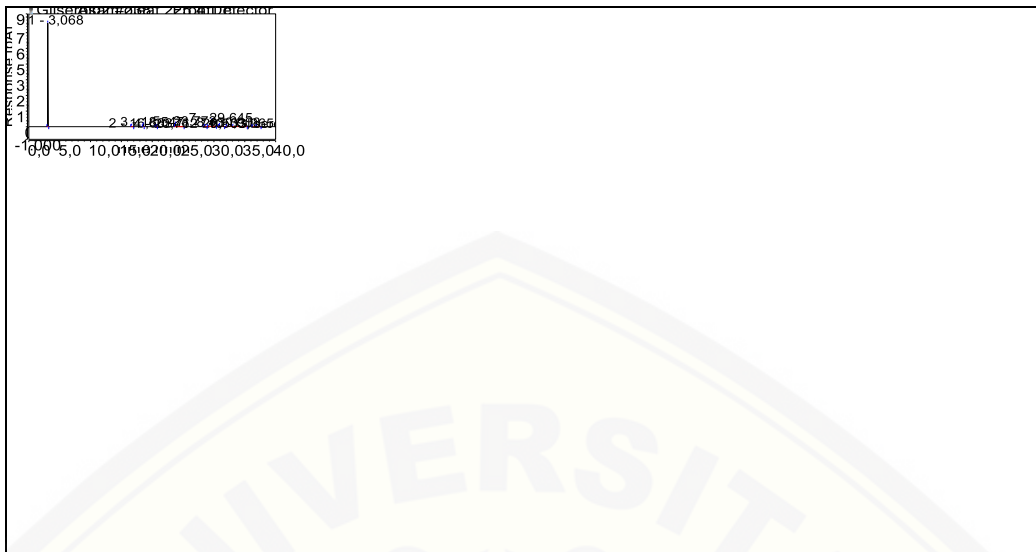
Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 225 4:1 b	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	18	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol02	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	19/dec/19 11.39	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,072	262,908	7788,196	46,39	89,21	n.a.
2		16,663	1,346	34,140	0,24	0,39	n.a.
3		18,545	5,155	131,085	0,91	1,50	n.a.
4		20,715	0,662	7,677	0,12	0,09	n.a.
5		23,767	21,799	191,759	3,85	2,20	n.a.
6		28,520	5,459	16,153	0,96	0,19	n.a.
7		29,660	184,525	454,460	37,73	5,21	n.a.
8		30,897	13,897	86,915	4,76	1,00	n.a.
9		33,088	26,503	16,503	4,68	0,19	n.a.
10		36,852	2,124	3,183	0,37	0,04	0,6125
Total:			566,786	8730,071	100,00	100,00	

3.8.14 Hasil kromatogram asam oleat suhu 225/4:1/6jam pengulangan ke 3

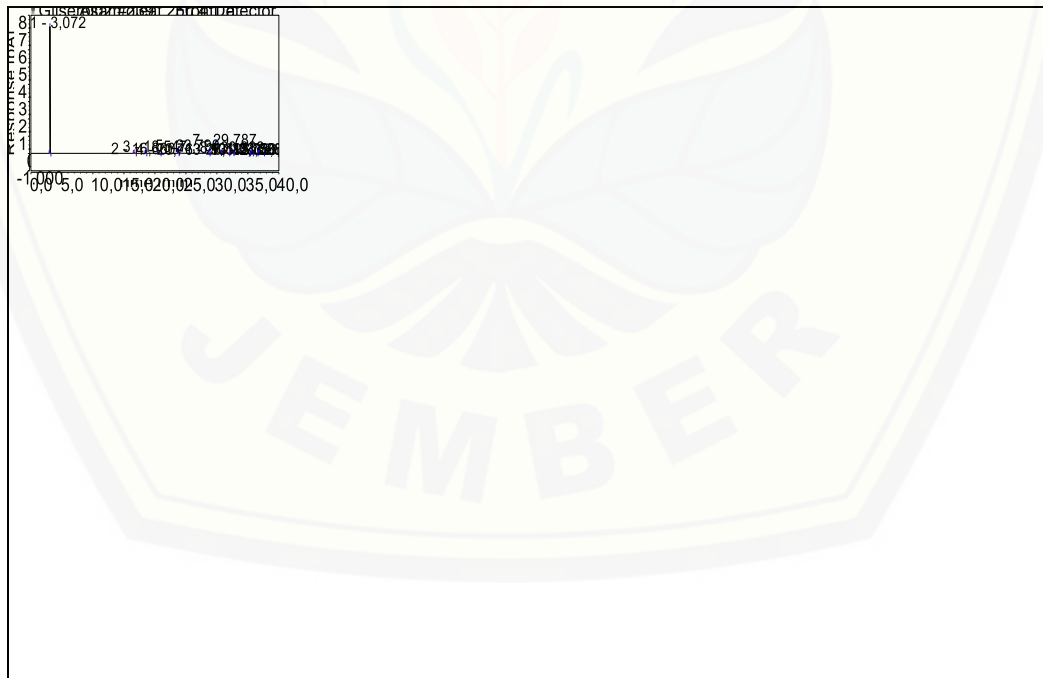
Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 225 4:1 c	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	18	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol02	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	19/dec/19 12.23	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,068	281,963	8246,278	46,39	89,21	n.a.
2		16,663	1,421	35,812	0,24	0,39	n.a.
3		18,547	5,220	136,024	0,91	1,50	n.a.
4		20,712	0,690	8,457	0,12	0,09	n.a.
5		23,773	23,123	198,656	3,85	2,20	n.a.
6		28,503	4,715	15,244	0,96	0,19	n.a.
7		29,645	183,111	441,048	37,73	5,21	n.a.
8		30,908	14,866	72,990	4,76	1,00	n.a.
9		33,065	20,930	14,160	4,68	0,19	n.a.
10		36,825	2,269	3,499	0,37	0,04	0,6125
Total:			549,212	9172,169	100,00	100,00	

3.8.15 Hasil kromatogram asam oleat suhu 250/4:1/6jam pengulangan ke 1

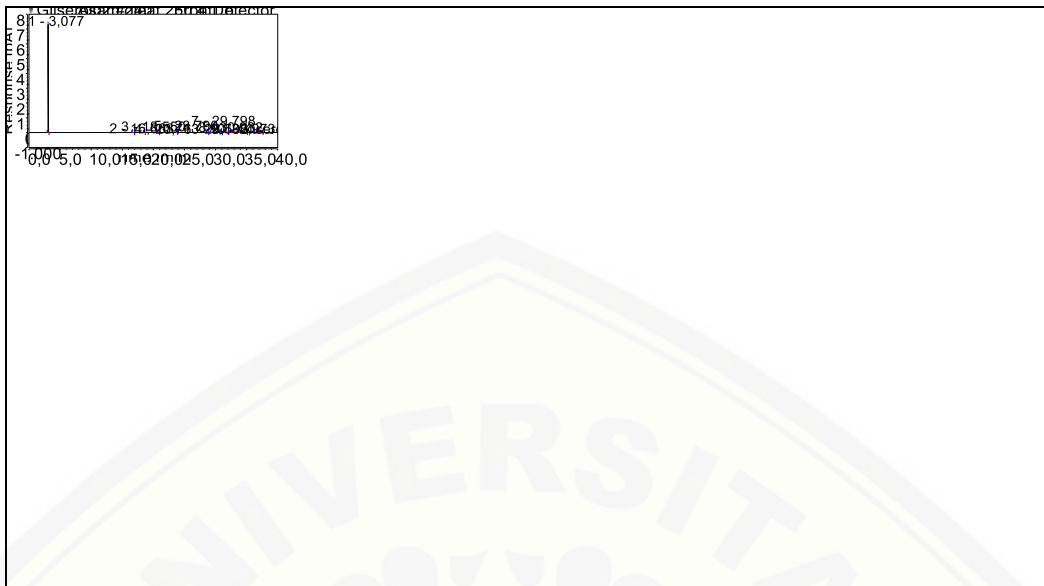
Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 250 4:1 a	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	19	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol02	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	19/dec/19 13:08	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,072	237,213	7344,820	36,42	86,06	n.a.
2		16,660	1,807	46,028	0,28	0,54	n.a.
3		18,547	6,613	169,761	1,02	1,99	n.a.
4		20,713	1,002	11,349	0,15	0,13	n.a.
5		23,790	21,628	225,133	3,32	2,64	n.a.
6		28,595	6,325	16,166	0,97	0,19	n.a.
7		29,787	180,533	557,971	46,25	6,54	n.a.
8		30,988	40,197	120,304	6,17	1,41	n.a.
9		32,750	6,724	14,670	1,03	0,17	n.a.
10		33,088	25,100	18,514	3,85	0,22	n.a.
11		35,642	0,531	1,990	0,08	0,02	n.a.
12		36,627	0,873	3,110	0,13	0,04	n.a.
13		36,840	2,138	4,611	0,33	0,05	0,6128
Total:			651,402	8543,429	100,00	100,00	

3.8.16 Hasil kromatogram asam oleat suhu 250/4:1/6jam pengulangan ke 2

Chromatogram and Results			
Injection Details			
<i>Injection Name:</i>	Asam oleat 250 4:1 b	<i>Run Time (min):</i>	40,00
<i>Vial Number:</i>	19	<i>Injection Volume:</i>	1,00
<i>Injection Type:</i>	Unknown	<i>Channel:</i>	FrontDetector
<i>Calibration Level:</i>		<i>Wavelength:</i>	n.a.
<i>Instrument Method:</i>	Asam lemak n-heksan	<i>Bandwidth:</i>	n.a.
<i>Processing Method:</i>	Gliserol0 2	<i>Dilution Factor:</i>	1,0000
<i>Injection Date/Time:</i>	19/dec/19 13:53	<i>Sample Weight:</i>	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,077	230,625	7298,615	36,98	86,36	n.a.
2		16,663	1,753	44,378	0,28	0,53	n.a.
3		18,550	6,373	169,576	1,02	2,01	n.a.
4		20,713	0,967	11,192	0,16	0,13	n.a.
5		23,790	20,874	219,963	3,35	2,60	n.a.
6		28,590	6,142	16,121	0,98	0,19	n.a.
7		29,798	181,207	553,653	46,92	6,55	n.a.
8		30,982	38,406	116,823	6,16	1,38	n.a.
9		32,973	22,906	14,438	3,67	0,17	n.a.
10		36,858	2,933	4,445	0,47	0,05	0,6299
Total:			623,607	8449,204	100,00	100,00	

3.8.17 Hasil kromatogram asam oleat suhu 250/4:1/6jam pengulangan ke 3



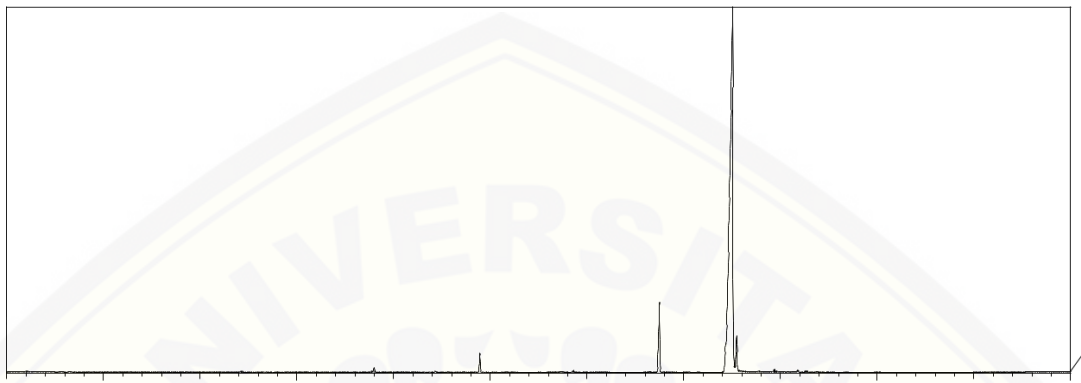
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount Molar
1		3,075	234,819	7383,725	49,16	88,06	n.a.
2		16,660	1,781	45,349	0,37	0,54	n.a.
3		18,548	6,316	166,703	1,32	1,99	n.a.
4		20,713	0,967	11,435	0,20	0,14	n.a.
5		23,788	20,874	218,945	4,37	2,61	n.a.
6		28,620	4,801	13,947	1,01	0,17	n.a.
7		29,797	184,217	433,311	37,27	5,17	n.a.
8		30,980	38,107	98,796	4,14	1,18	n.a.
9		32,968	7,340	7,340	1,54	0,10	n.a.
10		36,883	2,980	2,980	0,62	0,05	0,6309
Total:			477,705	8384,577	100,00	100,00	



Lampiran 3.9 kromatogram hasil GC-MS

3.9.1 kromatogram standar asam oleat

Chromatogram Nuril Laili Sampel A C:\GCMSsolution\Data\Project1\Rtx 5 MS 2019\Nuril Laili Sampel A.qgd

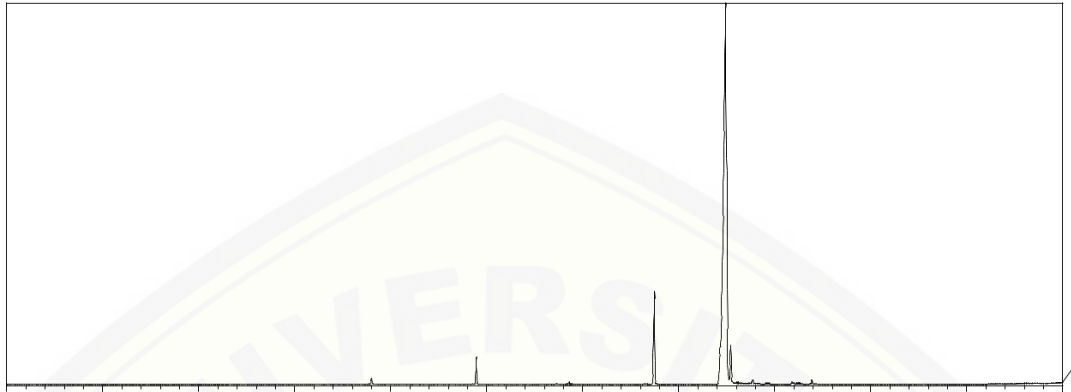


TIC*1.00
 1.0 11.0 21.0 31.0 41.0 51.0
 Min

Peak Report TIC						
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height
1	24.007	23.958	24.067	882818	0.27	283693
2	29.467	29.392	29.542	4832239	1.46	1371518
3	38.748	38.625	38.825	21747910	6.57	4882447
4	42.532	42.075	42.675	294616709	88.99	25592086
5	42.751	42.675	42.833	8970636	2.71	2430929
				331050312	100.00	34560673

3.9.2 kromatogram hasil reaksi

Chromatogram Nuril Laili Sampel B C:\GCMSsolution\Data\Project1\Rtx 5 MS 2019\Nuril Laili Sampel B.qgd



TIC*1.00
 1.0 11.0 31.0 41.0 51.0
 Min

Peak Report TIC

Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height
1	24.005	23.950	24.075	774168	0.34	229628
2	29.462	29.383	29.542	4197452	1.85	1175037
3	38.740	38.617	38.825	17836596	6.58	4050796
4	42.458	42.058	42.650	197449464	86.98	16644849
5	42.729	42.650	42.833	6749305	4.25	1639079
				227006985	100.00	23739389