PENGEMBANGAN KATALIS CaO.SrO UNTUK SINTESIS BIODISEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT

Skripsi

Disajikan dalam Rangka Penyelesaian Studi Strata 1

untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Program Studi Kimia

oleh

Rizki Yuniarti

4311411009

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2015

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

Semarang, Juli 2015

Pembimbing I	Pembimbing II
Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si	F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si
NIP. 197810282006042001	NIP. 196912171997022001

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Pengembangan Katalis CaO.SrO untuk Sintesis Biodisel dari Minyak Kelapa Sawit

disusun oleh

Nama : Rizki Yuniarti

NIM : 4311411009

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA Universitas Negeri Semarang pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 11 Agustus 2015

Panitia Ujian:

Ketua

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si
NIP. 196310121988031001

Sekretaris

Dra. Woro Sumarni, M.Si
NIP.196507231993032001

Ketua Penguji

Samuel Budi Wardana K., S.Si, M.Sc
NIP. 198204182006041002

Anggota Penguji/
Pembimbing I

Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si
NIP. 197810282006042001

Anggota Penguji/
Pembimbing II

Dr. F. Widhi Mahatmanti, M.Si
NIP. 196912171997022001

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutuip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, Juli 2015

Penulis

METERAI TEMPEL

6000

Rizki Yuniarti

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

To Day Must Be Better Than Yesterday
Masa Depanmu ada di Tangan Kamu Sendiri Dimana Nasibmu Tidak Akan Berubah Apabila Kamu Tidak Merubahnya

Persembahan:

Untuk Ibuku, seseorang yang telah mempertaruhkan nyawanya demi menghadirkanku ke dunia ini 22 tahun silam
Untuk Adikku beserta keluarga besar, hanya rasa sayang dari kalianlah yang tak pernah bermuara, terus mengalir untukku.
Untuk Bu Nuni Widiarti & Bu F. Widhi Mahatmanti Selaku pembimbing skripsi yang selalu membantu dan mendukung saya sampai skripsi ini selesai
Untuk Universitas konservasi, Bidikmis UNNES
Untuk semua Teman-teman terlalu banyak jika kusebutkan satu per satu, Bersama kalian banyak impian yang telah menjadi suatu kenyataan.
Dan untuk yang sempat membaca karyaku ini, Tetap semangat dan Jadilah diri sendiri!

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya, serta kemudahan dan kelapangan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul ”*Pengembangan Katalis CaO.SrO untuk Sintesis Biodisel dari Minyak Kelapa Sawit*”.

Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk mencapai gelar sarjana Sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Dalam Kesempatan ini, perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik dalam penelitian maupun penyusunan Skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum selaku Rektor Universitas Negeri Semarang,
2. Prof. Dr. Wiyanto, M.Si selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang,
3. Dra. Woro Sumarni, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang,
4. Kepala Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang
5. Samuel Budi Wardana K.,S.St, M.Si sebagai Dosen Penguji yang telah banyak memberikan masukan, arahan, dan saran kepada penulis selama penyusunan Skripsi,
6. Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si Selaku Pembimbing I yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan yang membangun dalam penyusunan Skripsi ini,
7. F.Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si. Selaku Pembimbing II yang telah memberikan ilmu, petunjuk, bimbingan dalam pelaksanaan penyusunan Skripsi ini,
8. Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA UNNES yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis,
9. Segenap Karyawan dan Staf Laboratorium Kimia UNNES yang telah memberikan pengalaman dan keterampilan kepada penulis.

10. Khoirul Huda, Tri Handayani, Nico, Anis yang selalu memberikan dukungan serta doanya selama ini
11. Teman – teman seperjuangan Kimia 2011 serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penelitian, penyusunan Skripsi dan segala hal kepada penulis,

Demikian ucapan terima kasih daei penulis, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi para pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Semarang, Juli 2015

Penulis

ABSTRAK

Yuniarti,R. **“Pengembangan Katalis CaO.SrO untuk Sintesis Biodisel dari Minyak Kelapa Sawit”.** Skripsi. Jurusan Kimia FMIPA UNNES. Dosen Pembimbing I: Nuni Widiarti S.Pd, M.Si, Dosen Pembimbing II: F.Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si.

Kata Kunci : biodiesel, katalis CaO.SrO, minyak kelapa sawit,

Telah dilakukan penelitian modifikasi katalis CaO.SrO untuk sintesis biodiesel dari minyak kelapa sawit. Katalis CaO.SrO disintesis dengan metode kopresipitasi, sedangkan sintesisi biodiesel dilakukan dengan menggunakan microwave. Karakter katalis CaO.SrO dianalisis dengan XRD dan SAA, untuk memperoleh karakter kristalinitas dan luas permukaan, sedangkan biodiesel hasil reaksi transesterifikasi menggunakan metode *microwave.* Hasil reaksi transesterifikasi dianalisis menggunkan GC-MS. Analisis dengan XRD menunjukan karakter gabungan CaO dan SrO yang ditunjukkan 2θ = 25,1 , 34,06 dan 54,3. Hasil Analisis luas permukaan diperoleh luas area 4,512 m^2/g. Hasil reaksi sintesis biodiesel yang optimal diketahui dengan analis GC-MS dilakukan dengan variasi waktu reaksi dan perbandingan katalis untuk sintesis biodiesel, waktu optimal 420 detik , perbandingan molar katalis 4:1 dengan rasio volume 1:6 (metanol : minyak) katalis yang digunakan 1% dari B/V menghasilkan metil ester sebesar 98%. Komposisi senyaewa biodiesel ditentukan dengan GC-MS dan karakterisasi fisik dilakukan menurut SNI. Biodisel dari hasil sintesis memiliki densitas sebesar 0,8678 g/mL dan viskositas sebesar 7,0313 cSt yang terdiri dari metil palmitat 6,67%, metil dan linoleat 14,68.

ABSTRAC

Yuniarti,R. **"***Pengembangan Katalis CaO.SrO untuk Sintesis Biodisel dari Minyak Kelapa Sawit***".** Under Graudate Thesis. Department of Chemistry. Faculty of Mathematics and Sciences. Semarang State University. Supervisor I: Nuni Widiarti S.Pd, M.Si, Supervisor II: F.Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si.

Keywords: biodiesel, a catalyst CaO.SrO, palm oil,

Research has done on the modification of the catalyst for syinthesis of CaO.SrO to biodiesel syinthesis from palm oil . Synthesized catalyst by CaO.SrO kopresipitationi method of synthesis while biodiesel performed using microwave. The character of CaO.SrO analyzed by XRD and SAA to aquire the character of cristallinity and brushes the surface, Where as the reaction of transesterification result biodiesel analyzed using GC – MS. Analyzed with XRD shows the combined character of CaO and SrO shown 2θ = 2θ = 25,1 , 34,06 dan 54,3. The result of the analysis surface area of the acquired are 4.512 m^2 / g. The result of the synthesis reaction optimally biodiesel know with GC-MS done with a variation of time and comparation of catalyst for the synthesis of biodiesel, optimal value the time of 420 seconds and the catalyst ratio molar 4: 1 by volume ratio of 1: 6 (methanol: oil) catalyst which is used 1 % of B / V methyl ester yield of 98%. The composition of biodiesel is determined by GC-MS and physical characterization is performed according to SNI. Synthesis product of biodiesel has density value of 0.87 g/mL and viscosity value of 11.42 cSt. The product consists of methyl palmitate 6,67% and methyl linoleate 14,68%.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **ii**
PENGESAHAN ..... **iii**
PERNYATAAN ..... **iv**
MOTTO DAN PERSEMBAHAN ..... **v**
PRAKATA ..... **vi**
ABSTRAK ..... **viii**
ABSTACK ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 6
1.4 Manfaat Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1 Minyak Nabati 7
2.2 Biodisel 8
2.3 Transesterifikasi 10
2.4 Katalis Basa Heterogen 13
2.5 Kalsium Oksida 14
2.6 Stronsium Oksida 14
2.7 Minyak Kelapa Sawit 15

2.8 Microwave 17
2.9 Difraktometer Sinar-X (XRD) 18
2.10 Adsorpsi Nitrogen 21
2.11 Kromatografi Gas 24
BAB III METODE PENELITIAN 28
3.1 Sampel 28
3.2 Variabel Penelitian 28
3.3 Alat dan Bahan 29
3.4 Langkah – langkah Penelitian 30
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 36
4.1 Tahapan Pembuatan Katalis CaO.SrO 36
4.2 Karakterisasi Katalis CaO.SrO dengan XRD 37
4.3 Sintesis Biodisel 39
4.3.1 Penentuan Angka Asam 39
4.3.2 Hasil Optimasi Waktu Sintesis Biodisel 41
4.3.3 Hasil Optimasi Variasi Perbandinga Molar Katalis 42
4.3.4 Karakterisasi Luas Permukaan Katalis CaO.SrO 44
4.3.5 Karakterisasi Hasil GC-MS 47
4.4 Uji Kualitas Biodisel 48
BAB V PENUTUP 52
5.1 Kesimpulan 52
5.2 Saran 52
DAFTAR PUSTAKA.....53
LAMPIRAN.....57

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

2.1 Persyaratan Kualitas Biodisel menurut SNI 7182:2012 10

2.2 Struktur Kimia dari asam-Asam Lemak dan Metil Esternya 13

2.3 Komposisi asam lemak minyak kelapa sawit dan minyak inti sawit 15

2.4 Penelitian tentang pemanfaatan microwave dalam pembuatan biodiesel 18

4.1 Hasil Katalis Setelah dikalsinasi 37

4.2 Hasil Karakterisasi Sinar X 39

4.3 Data Angka Asam Minyak Kelapa Sawit 40

4.4 Data karakterisasi katalis dan hasil sintesis biodisel 42

4.5 Presentase metil ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit pada optimasi perbandingan katalis utuk reaksi 43

4.6 Luas Permukaan, Rerata Jejari Pori, dan Volume Pori Katalis.....45

4.7 Data karakterisasi katalis dan hasil sintesis biodisel 46

4.8 Komponen minyak kelapa sawit hasil analisa GC-MS 48

4.9 Densitas minyak goreng bekas dan biodiesel 48

4.10 Visositas minyak goreng bekas dan biodiesel 49

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1 Reaksi Transesterifikasi 10
2.2 Transesterifikasi Keseluruhan 12
2.3 Difraksi Sinar-X 20
2.4 Tipe adsorpsi isoterm I-VI 23
2.5 Instrumentasi kromatografi gas 25
2.6 Kromatogram metil ester pada minyak diesel 27
3.1 Eksperimen transesterifikasi dengan menggunakan microwave 34
4.1 Pola difraksi XRD katalis CaO,SrO dan CaO.SrO 37
4.2 Metil ester hasil sintesis 41
4.3 Kromatogram GC-MS Biodisel dari Minyak Kelapa Sawit 47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Skema Kerja Sintesis Katalis 57
2. Penentuan angka Asam pada minyak kelapa sawit 59
3. Transesterifikasi variasi waktu reaksi 60
4. Transesterifikasi variasi konsentrasi CaO.SrO 61
5. Perhitungan Penentuan Angka Asam 62
6. Perhitungan Densitas 63
7. Perhitungan Viskositas Kinematis 64
8. Hasil Analisis *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GCMS) Minyak Kelapa Sawit (CPO) 65
9. Hasil Analisis Difraktometer Sinar-X katalis CaO 72
10. Hasil Analisis Difraktometer Sinar-X(XRD) SrO 75
11. Hasil Analisis Difraktometer Sinar-X(XRD) Katalis CaO.SrO 80
12. Hasil Analisis Kromatogram Gas Metil Ester Pada Variasi waktu optimal ... 83
13. Hasil Analisis Kromatografi Gas Metil Ester pada Perbandingan Katalis 88
14. Hasil Analisis Kromatografi Gas Metil Ester pada Katalis CaO 92
15. Hasil Analisis Kromatografi Gas Metil Ester pada Katalis SrO 93
16. Hasil analisis Kromatografi Gas Minyak Kelapa Sawit 94
17. Hasil Analisis SSA (BET) dari Katalis CaO 97
18. Hasil Analisis SSA (BET) dari Katalis SrO 100
19. Hasil Analisis SSA (BET) dari Katalis CaO.SrO Perbandingan 4:1 105
20. Dokumentasi Penelitian 110

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi bahan bakar minyak terutama bahan bakar diesel atau solar terus meningkat. Pada tahun 1995 konsumsi bahan bakar solar untuk transportasi mencapai 6,91 milyar liter dan terus meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2010 konsumsi bahan bakar solar untuk transportasi mencapai 18,14 milyar liter, sehingga Indonesia mengimpor bahan bakar solar, dari kurun waktu 1999 sampai 2006 sebanyak 28 milyar liter bahan bakar solar untuk mencukupi kebutuhan nasional (Mescha *et al.*, 2007). Sumber daya bahan bakar minyak bumi yang terbatas seiring dengan kebutuhan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca adalah dorongan untuk pengembangan bahan bakar alternatif. Penelitian banyak dipusatkan pada produksi biodisel, sebab biodiesel yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Produksinya dari sumber daya terbarukan, seperti minyak nabati dan lemak hewan (Kalam dan Masjuki, 2002)

Pemilihan minyak kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif sangat tepat dilakukan di Indonesia karena Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua di dunia setelah Malaysia dengan ketersediaan minyak kelapa sawit yang cukup banyak, maka minyak kelapa sawit merupakam salah satu bahan baku alternatif yang sangat potensial unruk membuat bahan bakar terutama biodiesel,selain itu bahan bakar yang dihasilkan dari minyak kelapa sawit telah diteliti lebih ramah

lingkungan karena bebas dari nitrogen dan sulfur (Indah, 2011).Penggunaan minyak nabati seperti minyak sawit sebagai energi alternatif digunakan sebagai *precursor* pada pembuatan biosolar atau biodisel

Biodiesel merupakan campuran dari mono alkil ester asam lemak dari minyak nabati atau lemak hewan. Baik minyak nabati atau lemak hewan yang termasuk dalam golongan lipida. Minyak dan lemak merupakan trigliserida karena minyak dan lemak membentuk ester dari tiga molekul asam lemak yang terikat pada molekul gliserol (Zappi *et al.,* 2003). Reaksi ini melibatkan katalis sebagai penyedia situs aktif agar reaksi dapat terjadi.

Penggunaan katalis heterogen merupakan suatu alternatif untuk mengurangi biaya produksi biodiesel, mudah dipisahkan dari campuran reaksi dengan filtrasi, dapat digunakan kembali, dan memiliki sedikit sifat korosif (Carmo *et al.*, 2009). Katalis heterogen yang sering digunakan pada reaksi ini adalah logam alkali oksida yang disupportkan pada Al_2O_3 seperti $Na/NaOH/Al_2O_3$ yang memiliki kekuatan basa yang tinggi dan sangat aktif untuk reaksi transeserifikasi pada minyak tumbuhan. Pada kondisi reaksi optimal aktivitas katalis heterogen $Na/NaOH/Al_2O_3$ menunjukkan konversi yang hampir sama dengan katalis homogen NaOH (yaitu 94 %) (Kim *et al.*, 2004) akan tetapi komponen aktif oksidanya sangat higroskopis dan mudah larut dalam metanol, sehingga kurang sesuai untuk diaplikasikan di industri.

CaO merupakan katalis aktif dan telah lama diteliti untuk reaksi transestrifikasi karena harganya yang murah, memiliki kekuatan basa yang tinggi, serta sedikit larut dalam metanol (Gryglewicz *et al.*, 1999). CaO

mempunyai aktifitas yang tinggi pada reaksi sintesis biodiesel. Kombinasi dari CaO dan ZnO pada reaksi transesterifikasi minyak biji matahari memberikan hasil alkil ester yang sama dengan CaO yang dihasilkan dari dekomposisi $CaCO_3$ pada suhu 700^oC (konversi > 90%). Keuntungan menggunakan katalis campuran CaO.ZnO dibandingkan CaO murni adalah tidak melarutnya fase aktif CaO pada media reaksi karena adanya interaksi yang kuat antara sisi aktif dan support yang artinya kontribusi fase homogen dapat dihilangkan (Alba-Rubio *et al.*, 2009).

Pada penelitian sebelumnya, Widiarti (2014), telah berhasil membuat katalis CaO/SrO dengan metode impregnasi untuk reaksi transesterifikasi (Shuli Yan *et al.*, 2010),telah berhasil membuat nanopartikel ZnO modifikasi dengan metode hidrolisis urea untuk reaksi transesterifikasi.

Katalis CaO.ZnO telah diteliti salah satu katalisator yang baik untuk reaksi transesterifikasi. Pada penelitian ini CaO.ZnO disintesis dengan metode kopresipitasi menggunakan asam oksalat ($H_2C_2O_4$) sebagai agen penggendap asam dan dilanjutkan dengan metode hidrolisis urea untuk membuat CaO.ZnO dalam bentuk nanopartikel. Parameter sintesis berupa perbandingan atom Ca dan Zn akan dipelajari pengaruhnya terhadap aktivitas katalitik pada reaksi transesterifikasi. (Cicik,2011)

Katalis SrO digunakan merupakan katalis basa yang mempunyai aktivitas katalitik tinggi pada reaksi transesterifikasi membentuk biodiesel namun jarang digunakan didalam penelitian, salah satu penyebabnya ialah harga katalis ini yang relatif cukup mahal dibandingkan dengan katalis besa

hetrogen lainnya. Stronsium oksida (SrO) digunakan karena Stronsium oksida merupakan oksida logam yang sangat aktif dan akan larut dalam media reaksi,serta akan dapat mempercepat reaksi pembuatan biodisel (Zabeti,2009). SrO yang digunakan pada reaksi transesterifikasi pada minyak zaitun menghasilkan metil ester sebanyak 80% dengan waktu reaksi 15 menit,SrO yang didoping dengan silika menghasilkan lebih dari 95% dengan waktu 10 menit.(Ching-Lung Chen *et al.*, 2012)

Metode yang digunakan dalam reaksi sintesis biodiesel antara lain metode Batch dan Microwave Renita (2012) melakukan reaksi transesterifikasi menggunakan metode reaktor bertekanan dengan waktu yang dibutuhkan 3,5 jam, menghasilkan metil ester sebanyak 90,882%. Metode yang digunakan dalam transesterifikasi dan esterifikasi yang baru-baru ini dilakukan adalah pemanasan menggunakan *microwave*. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Susila (2013) dengan menggunakan gelombang mikro 400 watt menghasilkan metil ester sebesar 92 %. Radiasi microwave dapat meningkatkan kecepatan transesetrifikasi dalam proses batch. Energi *microwave* dihantarkan secara langsung pada molekul-molekul yang bereaksi melalui reaksi kimia, sehingga perpindahan panas lebih efektif daripada pemanasan secara konvensional.(Lertsathapornsuk *et al*., 2004).

Pada penelitian ini mencoba memproduksi biodiesel dari minyak sawit menggunakan katalis padat CaO.SrO dengan metode microwave untuk mempercepat waktu reaksi. Katalis dibuat dari $Ca(CH_3COO)_2$ yang didoping dengan $Sr(CH_3COO)_2$. Katalis ini selanjutnya digunakan untuk mempercepat

reaksi transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit,SrO digunakan karena stronsium oksida merupakan oksida logam yang sangat aktif dan akan larut dalam media reaksi,serta akan dapat mempercepat reaksi pembuatan biodisel.

Berdasarkan uraian tersebut pada penelitian ini akan disintesis CaO.SrO untuk meningkatkan aktivitas katalis CaO dan mengurangi sifat homogen CaO pada reaksi sintesis biodiesel.CaO.SrO disintesis dengan metode kopresipitasi yang dapat meningkatkan aktifitas katalitik pada pembuatan biodisel melalui proses transesterifikasi,sehingga SrO dapat digunakan untuk modifikasi CaO yang beracuan pada penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang akan dibahas adalah:

1. Bagaimana karateristik CaO.SrO hasil sintesis berdasarkan kristalinitas dan luas permukaan?
2. Bagaimana aktivitas katalitik CaO.SrO pada sintesis biodiesel?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari karateristik CaO.SrO hasil sintesis berdasarkan kristalinitas dan luas permukaan
2. Mempelajari aktivitas katalitik CaO.SrO pada sintesis biodiesel

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi tentang karateristik CaO.SrO hasil sintesis berdasarkan kristalinitas dan luas permukaan.
2. Memberikan informasi tentang aktivitas katalitik CaO.SrO pada sintesis biodiesel

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Nabati

Pengertian ilmiah paling umum dari istilah biodiesel mencakup bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber daya hayati atau biomassa. Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati maupun lemak hewan, namun paling umum digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak nabati. Minyak nabati dan biodiesel tergolong ke dalam kelompok senyawa-senyawa organik yang sama, yaitu kelompok ester asam-asam lemak. Akan tetapi,minyak nabati adalah triester asam-asam lemak dengan gliserol, atau gliserida. Sementara itu, biodiesel adalah monoester asam-asam lemak dengan metanol. Perbedaan wujud molekular ini memiliki beberapa konsekuensi penting dalam penilaian keduanya sebagai bahan bakar mesin diesel (Mescha *et al.*, 2007)

1. Minyak nabati (yaitu trigliserida) memiliki berat molekul besar, jauh lebih besar dari biodiesel (yaitu metil ester). Akibatnya, trigliserida relatif mudah mengalami perengkahan (cracking) menjadi molekul-molekul kecil, jika dipanaskan tanpa kontak dengan udara.
2. Minyak nabati memiliki kekentalan *(viskositas)* yang jauh lebih besar dari minyak diesel/solar maupun biodiesel, sehingga pompa penginjeksi bahan bakar di dalam mesin diesel tidak mampu menghasilkan pengkabutan (*atomization*) yang baik ketika minyak nabati disemprotkan ke dalam kamar pembakaran.

3. Molekul minyak nabati relatif lebih bercabang dibanding ester metil asam-asam lemak. Akibatnya, angka setana minyak nabati lebih rendah dari pada angka asam setana ester metil. Angka setana adalah tolak ukur kemudahan menyala dari suatu bahan bakar di dalam mesin diesel.

2.2 Biodisel

Biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewan untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku. Proses pembuatan biodiesel dari minyak dengan kandungan asam lemak bebas rendah secara keseluruhan terdiri dari reaksi transesterifikasi, pemisahan gliserol dari metil ester, pemurnian metil ester (netralisasi, pemisahan metanol, pencucian dan pengeringan/dehidrasi) (Hikmah, 2010).

Minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel dapat berasal dari kacang kedelai, kelapa, kelapa sawit, padi, jagung, jarak, papaya dan banyak lagi melalui proses transesterifikasi. (Mardiah *et al.*, 2006) Keuntungan dari biodiesel ialah :

a. Campuran dari 20% biodisel dengan 80% petroleum diesel dapat digunakan pada mesin diesel tanpa modifikasi.
b. Industri biodiesel dapat menggunakan lemak atau minyak daur ulang.
c. Biodiesel tidak beracun.

d. Biodiesel memiliki angka setana yang tinggi, yaitu di atas 100 sedangkan angka katane bahan bakar diesel hanya 40.
e. Penggunaan biodiesel dapat memperpanjang umur mesin diesel karena biodisel lebih licin.
f. Biodiesel menggantikan bau petroleum dengan bau yang lebih enak.

Biodisel dibuat dari minyak nabati diperoleh dari reaksi trigliserida asam lemak bebas dari minyak nabati dengan alkohol. Salah satu bahan yang digunakan di dalam proses transesterifikasi ialah metanol. Metanol disebut juga metil alkohol merupakan senyawa paling sederhana dari gugus alkohol. Rumus kimianya adalah CH_3OH. Metanol berwujud cairan yang tidak berwarna, dan mudah menguap. Metanol memiliki berat molekul 32,042, titik leleh -98°C dan titik didih 64°C. Pada umumnya metanol digunakan dalam proses transesterifikasi karena metanol harganyanya lebih murah dan lebih mudah untuk dikonversi (Mescha, 2007)

Menurut Purwaningsih (2012), untuk mengetahui kualitas biodiesel maka diperlukan standar atau kerangka acuan sehingga dapat dipastikan kelayakannya. Tabel persyaratan kualitas biodiesel menurut SNI 7182:2012 ditunjukan pada Tabel 2.1.

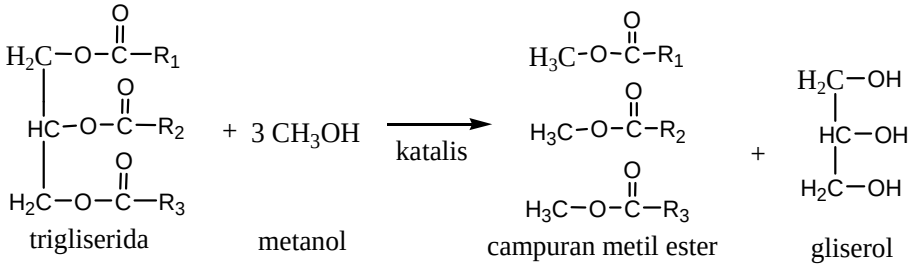
Tabel 2.1 Persyaratan Kualitas Biodiesel menurut SNI 7182:2012

Parameter	**Batas Nilai**	**Metoda Uji**
Massa jenis pada 40 ^{o}C, Kg/m^3	850-890	ASTM D 1298 atau ASTM D 4052
Viskositas kinematik pada 40 ^{o}C, mm^2/s (cSt)	2,3-6,0	ASTM D 445
Angka setana	min 51	ASTM D 613 atau ASTM D 6890
Titik nyala ^{o}C	min 100	ASTM D 93
Titik kabut ^{o}C	mak 18	ASTM D 2500
Angkaiodium, (g-12/100g)	mak 115	AOCS Cd 1-25

2.3 Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan suatu proses penggantian alkohol dari suatu gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengubah asam–asam lemak ke dalam bentuk ester sehingga menghasilkan alkil ester. Proses tersebut dikenal sebagai proses alkoholisis. Proses alkoholisis ini merupakan reaksi biasanya berjalan lambat namun dapat dipercepat dengan bantuan suatu katalis. Katalis yang biasa dipergunakan adalah katalis asam seperti HCl dan H_2SO_4, dan katalis basa NaOH dan KOH. (Maulydia, 2010).

Secara umum reaksi transesterifikasi antara minyak nabati (trigliserida) dan alkohol (metanol) dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Reaksi transesterifikasi (Hikmah, 2010)

Produk yang diinginkan dari reaksi transesterifikasi adalah ester metil asam-asam lemak. Terdapat beberapa cara agar kesetimbangan lebih bergeser ke arah produk, yaitu:

a. Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
b. Memisahkan gliserol

Tahapan reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel diharapkan agar didapatkan produk biodiesel dengan jumlah yang maksimum. Beberapa kondisi reaksi yang mempengaruhi konversi serta perolehan biodiesel melalui transesterifikasi adalah sebagai berikut: (Hikmah, 2010)

a. Pengaruh air dan asam lemak bebas

Minyak nabati yang akan ditransestreifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1. Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air,karena air akan bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang.

b. Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan bahan mentah

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi adalah 3 mol alkohol untuk setiap 1 mol trigliserida agar diperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol. Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah.

c. Pengaruh jenis alkohol

Metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan menggunakan etanol dan butanol.

d. Pengaruh jenis katalis

Katalis basa akan mempercepat reaksi transesterifikasi bila dibandingkan dengan katalis asam.

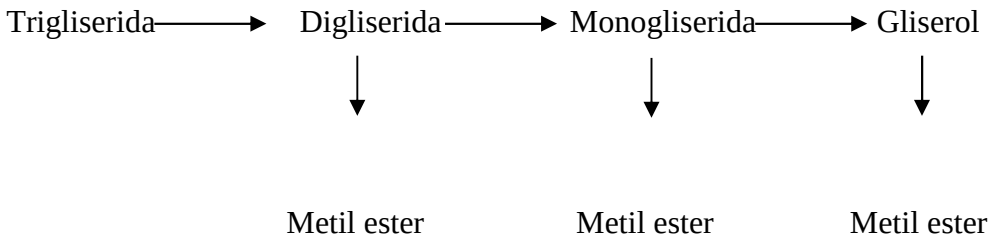
e. Metanolisis dan kemurnian minyak nabati

Perolehan metil ester akan lebih tinggi jika menggunakan minyak nabati murni. Namun apabila produk metil ester akan digunakan sebagai bahan bakar diesel, cukup digunakan bahan baku berupa minyak yang telah dihilangkan getahnya dan disaring.

f. Pengaruh temperatur

Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada temperatur 30-65°C (titik didih metanol sekitar 65°C). Semakin tinggi temperatur, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat (Hikmah, 2010).

Permasalahan yang paling penting selama produksi biodiesel adalah reaksi transesterifikasi keseluruhan. Proses kimia yang terjadi selama reaksi ditunjukkan dengan reaksi pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Transesterifikasi Keseluruhan(Sopiana,2011)

Suatu minyak nabati yang digunakan untuk sintesis biodiesel melalui reasksi transesterifikasi terdapat kandungan-kandungan dalam minyak nabati diantaranya asam-asam lemaknya dapat dilihat dari tabel 2.2

Tabel 2.2 Struktur Kimia dari asam-Asam Lemak dan Metil Esternya

Asam lemak	Struktur	Akronim	Metil Ester	Struktur
Asam Palmitat	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	C16:0	Metil Palmitat	$CH_3(CH_2)_{14}COOCH_3$
Asam Stearat	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	C18:0	Metil Stearat	$CH_3(CH2)_{16}COOCH_3$
Asam Oleat	$CH_3(CH_2)_7$-CH=CH-$(CH_2)_7COOH$	C18:1	Metil Oleat	$CH_3(CH2)_7$-CH=CH-$(CH_2)_7COOCH_3$
Asam linoleat	$CH_3(CH_2)_4$-CH=CH-CH_2-CH=CH-$(CH_2)_7COOH$	C18:2	Metil linoleat	$CH_3(CH_2)_4$-CH=CH-CH_2-CH=CH-$(CH_2)_7COOCH_3$
Asam linolenat	CH_3CH_2-CH=CH-CH_2CH=$CHCH_2CH$=$CH(CH_2)_7COOH$	C18:3	Metil Linolenat	CH_3CH_2-CH=CH-CH_2CH=$CHCH_2CH$=$CH(CH_2)_7COOCH_3$

(Gerpen, 2004, hal: 12).

2.4 Katalis Basa Heterogen

Katalis basa heterogen merupakan katalis yang mempunyai fasa berbeda dengan reaktan dan produk. Jenis katalis basa heterogen yang dapat digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah MgO, CaO, SrO. Keuntungan menggunakan katalis ini adalah: mempunyai aktivitas yang tinggi, kondisi reaksi yang ringan, masa hidup katalis yang panjang biaya katalis yang rendah, tidak korosif, ramah lingkungan dan menghasilkan masalah pembuangan, dapat dipisahakan dari larutan produksi sehingga dapat digunakan kembali (Rahadiyan,M., 2010)

Namun katalis basa heterogen ini tetap lebih baik untuk digunakan dalam proses transesterifikasi minyak nabati menjadi metil ester dibandingkan dengan katalis basa homogen,karena masalah pemisahan katalis dari zat pereaksi maupun

produk lebih sering dijumpai pada katalis basa homogen. Katalis basa homogen larut dalam campuran sehingga pemisahan tidak cukup dilakukan dengan penyaringan dan teknik yang umum digunakan adalah destilasi atau ekstraksi produk dari campuran. Sedangkan teknik pemisahan katalis basa heterogen tidak terlalu sulit, pemisahannya dapat dilakukan dengan filtrasi atau dekantasi (Leo *et al*, 2010).

2.5 Kalsium Oksida

Kalsium oksida biasanya dibuat oleh dekomposisi termal dari bahan seperti kapur, yang mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$; mineral kalsit). Hal ini tercapai dengan memanaskan bahan sampai suhu diatas 825 °C, proses ini dinamakan calcination atau *lime-burning* , untuk memisahkan CO_2 dari senyawa. CaO telah diteliti sebagai katalis basa yang kuat dimana untuk menghasilkan biodiesel menggunakan CaO sebagai katalis basa mempunyai banyak manfaat, misalnya aktivitas yang tinggi, kondisi reaksi yang rendah, masa katalis yang lama, serta biaya katalis yang rendah (Zabeti,2009)

2.6 Stronsium Oksida

Stronsium oksida merupakan oksida basa karena mengandung ion oksida. Katalis ini jarang digunakan didalam penelitian, salah satu penyebabnya ialah harga katalis ini yang relatif cukup mahal dibandingkan dengan katalis basa heterogen lainnya. Stronsium oksida merupakan oksida logam yang sangat aktif dan akan larut dalam media reaksi. Pada proses transesterifikasi minyak kedelai dengan SrO sebagai katalis basa padat akan menghasilkan metil ester 90% *yield*, katalis itu stabil bahkan setelah 10 siklus reaksi. SrO dapat mempercepat banyak

reaksi kimia, seperti pasangan oksidatif metana (gas), oksidasi selektif sejenis metan, dan reaksi nitroaldol. (Zabeti, 2009).

2.7 Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit dapat dihasilkan dari inti kelapa sawit yang dinamakan minyak inti sawit *(palm kernel oil)* dan sebagai hasil samping ialah bungkil inti kelapa sawit (Muchtadi 2006).Kelapa sawit mengandung kurang dari lebih 80% inti kelapa dan sekitar 20% dilapisi kulit yang tipis. Kadar minyak dalam inti kelapa 34-40%. Minyak kelapa sawit adalah minyak semi padat yang mempunyai komposisi yang tetap. Rata-rata asam lemak minyak kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3. Komposisi asam lemak minyak kelapa sawit dan minyak inti sawit.

Asam Lemak	Minyak kelapa sawit (%)	Derajat Kematangan
Asam kaprilat	-	3-4
Asam kaproat	-	3-7
Asam laurat	-	45-52
Asam miristat	1,2-2,5	14-17
Asam palmitat	40-46	6,5-9
Asam stearat	3,6-4,7	1-2,5
Asam oleat	39-45	13-19
Asam linoleat	7-11	0,5-2

(Muchtadi,2006)

Kandungan karoten dapat mencapai 1000 ppm atau lebih, tetapi dalam minyak dari jenis tenera kandungan karotennya kurang lebih 50-700 ppm. Kandungan tokoferol bervariasi dan dipengaruhi oleh penanganan selama produksi. Mutu minyak kelapa sawit yang baik mempunyai kadar air kurang dari 0.1% dan kadar kotoran lebih kecil dari 0,01%, kandungan asam lemak bebas serendah mungkin (kurang lebih 2%), bilangan peroksida di bawah 2, bebas dari warna merah dan kuning (harus berwarna pucat), tidak berwarna hijau, jernih dan

kandungan logam berat serendah mungkin atau bebas dari ion logam (Muchtadi, 2006).

Minyak sawit dapat digunakan untuk bahan makanan dan industri melalui proses ekstraksi dan pemurnian, seperti penjernihan dan penghilangan bau atau dikenal RBDPO (*refined, bleaced and deodorized palm oil*). Setelah itu CPO dapat difraksinasi menjadi RBD stearin dan RBD olein dengan komposisi asam lemak yang berbeda. RBD olein terutama digunakan untuk pembuatan minyak goreng, sedangkan RBD stearin terutama dipakai untuk margarine, shortening, serta bahan baku industri sabun dan detergen (Hambali *et al.*, 2008).

Produk-produk turunan minyak sawit yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel diantaranya CPO, CPO low grade (kandungan FFA tinggi), PFAD dan RDB olein. Sebelum diolah menjadi biodiesel, CPO membutuhkan pemurnian (*degumming*). Degumming bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa pengotor yang terdapat dalam minyak seperti gum dan fosfatida (Hambali *et al.*, 2008).

Produk-produk turunan minyak sawit yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel diantaranya CPO, CPO low grade (kandungan FFA tinggi), PFAD dan RDB olein. Sebelum diolah menjadi biodiesel, CPO membutuhkan pemurnian (*degumming*). Degumming bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa pengotor yang terdapat dalam minyak seperti gum dan fosfatida (Hambali *et al*, 2008).

2.8 Microwave

Reaksi-reaksi kimia dan reaksi organik banyak yang dapat berlangsung apabila mendapatkan energi dari luar. Seringkali energi yang ditambahkan adalah energi panas. Reaksi–reaksi organik umumnya berlangsung lambat, seperti pembuatan biodiesel dari minyak nabati dengan pengaduk mekanis berlangsung beberapa jam, dan hasil yang diperoleh memerlukan pemisahan juga relatif lama. Gelombang mikro merupakan alternatif sumber energi yang dapat digunakan untuk mensuplai energi dalam rekasi kimia dan proses. Melalui pemanasan dielektrik, campuran reaksi dapat bercampur secara homogen tanpa kontak dengan dinding. Waktu yang diperlukan untuk reaksi secara keseluruhan dapat tereduksi secara signifikan (Santoso, 2008).

Gelombang mikro atau mikrogelombang (microwave) adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency*, SHF), yaitu diatas 3GHz ($3x10^9$Hz). Sebenarnya gelombang ini merupakan gelombang radio, tetapi panjang gelombangnya lebih kecil dari gelombang radio biasa. Panjang gelombangnya termasuk ultra-short (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro,dari sinilah lahir istilah microwave. Gelombang ini tidak dapat dilihat mata kita karena panjang gelombangnya (walaupun sangat kecil dibanding gelombang radio) jauh lebih besar dari panjang gelombang cahaya (di luar spektrum sinar tampak) (Handayani, 2010).

Energi microwave diberikan/dihantarkan secara langsung pada molekul-molekul yang bereaksi melalui reaksi kimia.Selain itu penggunaan microwave menunjukkan reaksi lebih efisien, dengan lama reaksi dan proses pemisahan yang

singkat, menurunkan jumlah produk samping dan dapat menurunkan konsumsi energy (Terigar, 2009). Efisiensi dari transesterifikasi microwave berasal dari sifat dielektrik dari campuran polar dan komponen ion dari minyak, pelarut dan katalis. Pemanasan yang cepat dan efisien pada radiasi microwave lebih banyak karena gelombang microwave berinteraksi dengan sampel pada tingkat molecular, menghasilkan campuran inter molekul dan agitasi yang meningkatkan peluang dari sebuah molekul alcohol bertemu dengan sebuah molekul minyak (Terigar, 2009).

Penelitian mengenai pemanfaatan microwave dalam proses pembuatan biodiesel baik esterifikasi dan transesetrifikasi telah banyak dilakukan. Hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Penelitian tentang pemanfaatan microwave dalam pembuatan biodiesel

Reaksi	Kondisi Reaksi	Konversi (%)
Esterifikasi asam oleat[1)]	Enzim Lipozym	79
Esterifikasi[2)]	5% Katalis zireonia sulfat,ratio minyak : Metanol=1:20;T=60^0C	90
Esterifikasi[3)]	Katalis Heterogen t=15 menit	39,9-66,1
Transesterifikasi[4)]	Etanol:minyak=9:1,1%NaOH,t=10 detik	84,5

1) Costa *et al*., [2)] Kim *et al*., 2010 ;[3)] Jung, 2011 ;[4)] Lertsathapornsuk,*et al.*,2004

2.9 Difraktometer Sinar-X (XRD)

Difraksi sinar X adalah suatu peralatan karakterisasi yang paling luas diaplikasikan untuk identifikasi fase dan kemurnian material hasil sintesis. Beberapa aplikasinya adalah mengidentifikasi sampel berdasarkan puncak kristalinitas dan pengukuran kisi kristal. Sampel dapat berupa serbuk, padatan, film atau pita.

Prinsip kerja dari XRD adalah Sinar-X dihasilkan dari tabung sinar-X yang terjadi akibat adanya tumbukan elektron-elektron yang bergerak sangat cepat dan mengenai logam sasaran elektron ini membawa energi foton yang cukup untuk mengionisasikan sebagian elektron di kulit K (1s), sehingga elektron yang berada pada orbital kulit luar akan berpindah dan mengisi orbital 1s dengan memancarkan sejumlah energi berupa sinar-X. Radiasi yang dihasilkan orbital K ke orbital yang lain disebut sinar-X deret K, dimana K1 adalah eksitasi elektron ke kulit L. K2 adalah eksitasi elektron ke kulit M. Demikian juga untuk K3 dan seterusnya.

Sinar-X yang dipakai dalam analisa suatu kristal biasanya memancarkan pita-pita radiasi K1 dan K2. sebagai contoh adalah penggunaan logam Cu sebagai sasaran dan logam Ni sebagai filter, dimana K2 akan diserap oleh Ni dan Cu K1 dengan panjang gelombang 1,54 °A akan lolos dan digunakan untuk suatu analisa. Berkas sinar radiasi Cu K1 ini jika mengenai bidang kristal dari suatu mineral, maka akan dipancarkan oleh atom-atom dalam kristal (Ewing, 1985).

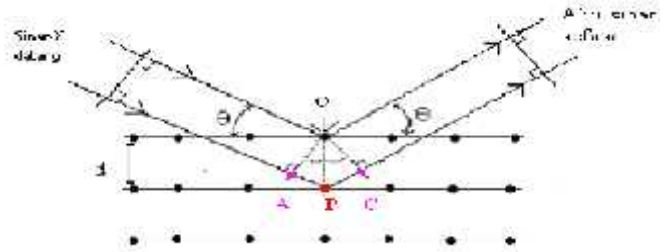
Agar sinar-X yang didifraksikan oleh bidang kristal tertentu dalam sampel kristalin dapat dideteksi, orientasi sumber sinar-X, kristal dan detektornya harus tepat. Oleh karena itu, jika berkas sinar-X ditembakkan pada permukaan kristal pada sudut θ, sebagian dihamburkan oleh lapisan atom-atom dipermukaan ke segala arah yang mungkin sesuai dengan Hukum Bragg. Bagian yang tidak dihamburkan akan menembus menuju lapisan kedua atom-atom dan dihamburkan sebagian sehingga yang tidak terhambur selanjutnya akan lewat menuju lapisan

ketiga dan seterusnya. Efek kumulatif dari hamburan yang berasal dari pusat kristal-pusat kristal yang berjarak teratur adalah terjadinya difraksi sinar.

W.L Bragg menggambarkan difraksi sinar-X oleh kristal ditunjukkan seperti Gambar 1. Berkas cahaya sempit ditembakkan pada permukaan kristal pada sudut θ, hamburan terjadi sebagai konsekuensi dari interaksi radiasi dengan atom-atom pada lokasi O dan P. Jika :

$AP + PC = n\lambda$ .....(1)

Dimana n adalah suatu bilangan integrasi, radiasi yang terhambur dan kristal akan nampak memantulkan radiasi sinar-X.



Gambar 2.3. Difraksi Sinar-X (Whiston, 1987)

Dapat dilihat :

$AP = PC = d \sin \theta$ .....(2)

Dimana d adalah jarak antar bidang kristal. Maka kondisi untuk interferensi konstruktif disinari pada sudut θ adalah :

$n\lambda = 2 d \sin \theta$ .....(3)

Dengan λ = panjang gelombang sinar-X (Å)

d = jarak antar bidang atom dalam kristal (Å)

θ = sudut peristiwa sinar-X

n = tingkat difraksi

Persamaan ini dikenal dengan Hukum Bragg. Dengan menggunakan persamaan tersebut, untuk kasus yang sederhana, parameter sel yang akurat dan tipe struktur kristal dapat ditentukan (Skoog dan West, 1980). Sinar-X nampak dipantulkan dari kristal hanya pada saat sudutnya memenuhi persamaan Bragg, selain dari sudut tersebut maka terjadi interferensi destruktif.

Identifikasi spesies dari pola difraksi didasarkan pada posisi garis (dalam θ dan 2θ) dan intensitas relatifnya. Harga 2θ ditentukan oleh harga d. Dengan bantuan persamaan Bragg, maka harga d dapat dihitung dari panjang gelombang yang diketahui dan sudut terukur. Intesitas garis tergantung pada jumlah dan jenis pusat atom pemantul yang ada pada setiap lapisan. Identifikasi kristal dilakukan secara empiris dimana diperlukan data standar mengenai harga d dan garis intensitas dari senyawa murni. Standar diatur dengan urutan mulai dari harga d dengan garis intensitas paling besar. Eliminasi dari senyawa-senyawa yang mungkin dapat dilakukan dengan mempertimbangkan harga d dengan garis intensitas tertinggi kedua, ketiga dan seterusnya. Biasanya tiga atau empat harga d cukup untuk mengidentifikasi senyawa dengan tepat. Dengan mengukur intensitas dari garis difraksi dan membandingkannya dengan standar maka analisis kuantitatif dari campuran kristal dapat dilakukan (Skoog dan West, 1980).

2.10 Adsorpsi Nitrogen

Adsorpsi nitrogen dapat digunakan untuk menentukan luas permukaan dan struktur pori suatu sampel. Luas area spesifik adalah luas area partikel tiap satuan massa atau volume dari material. Pada umumnya, luas area ditentukan melalui adsorpsi fisis dari gas seperti gas nitrogen atau adsorpsi kimia dari

pewarna seperti metilen biru. Teori adsorpsi digunakan untuk penentuan luas permukaan spesifik adsorben dan untuk pengukuran harga panas adsorpsi. Beberapa diantaranya adalah yang dikembangkan oleh Langmuir dan Brunaeur-Emmet-Teller (BET). Adsorpsi nitrogen merupakan adsorpsi fisik yang digunakan dalam metode BET (Broener-Emmet-Teller) untuk menentukan luas permukaan total dan struktur pori suatu padatan (Haber *et al.*, 1995). Isotherm Langmuir terbatas pada adsorpsi monolayer dari adsorbat. Sedangkan pada pembentukan multilayer dimodelkan menggunakan isotherm Brunaeur-Emmet-Teller (BET) dengan dasar isotherm Langmuir dan mengembangkannya pada adsorpsi fisis secara multilayer.

Persamaan BET hanya dapat digunakan untuk adsorpsi isotherm yang mempunyai nilai P/P0 berkisar antara 0,05 sampai 0,3 (Adamson, 1990). Persamaan-persamaan tersebut didasarkan pada asumsi-asumsi:

1.Terjadi adsorpsi banyak lapis, bahkan pada tekanan yang sangat rendah

2.Interaksi antara molekul yang teradsorpsi diabaikan

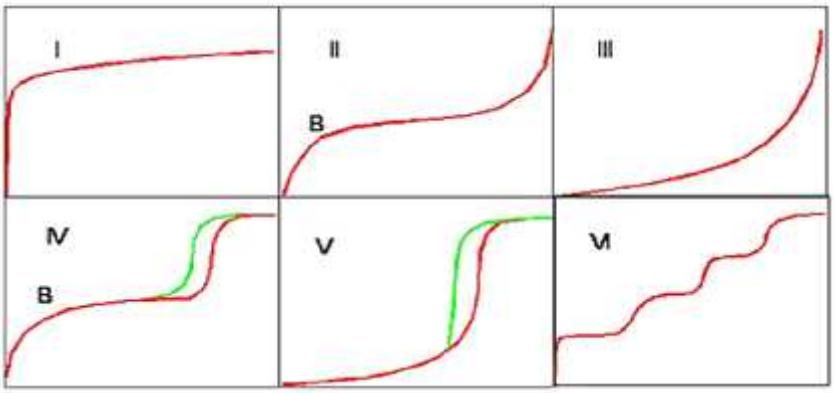
3.Kecepatan adsorbsi dan desorbsi sama pada setiap lapis

4.Padatan mempunyai permukaan homogen, yaitu mempunyai keadaan energi yang sama.

Pada metode tersebut, jumlah mol gas dan jumlah gas yang teradsorp (n) bergantung kepada suhu, tekanan, luas permukaan, pori-pori, dan sistem padat-gas. Apabila adsorpsi gas pada suatu padatan dilakukan pada suhu tetap, maka jumlah mol gas (n) hanya bergantung kepada tekanan. Jika gas berada di bawah suhu kritis, maka,

n = f (P/P0) .....(4)

dimana P adalah tekanan absolut dalam chamber keseimbangan dan P0 adalah tekanan uap dari gas pada suhu sampel .Apabila volume gas yang teradsorp, Va (jumlah mol (n) setara dengan volume gas (Va)) diplotkan melawan P/P0, maka diperoleh suatu grafik isoterm adsorpsi. Terdapat enam pengelompokan bentuk grafik isoterm adsorpsi menurut IUPAC (Gregg dan Sing, 1982). Keenam bentuk grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Tipe adsorpsi isoterm I-VI

Pada Gambar 2, tipe I merupakan tipe yang khas untuk padatan mikropori dan adsorpsi isoterm kimia. Tipe II dan III merupakan padatan yang tak berpori atau padatan yang mempunyai pori makro. Tipe IV merupakan padatan yang mempunyai pori meso, sedangkan tipe V terjadi apabila interaksi antara molekul nitrogen lebih kuat dibandingkan dengan nitrogen dengan padatan. Tipe VI merupakan padatan tak berpori yang mempunyai permukaan seragam. Dibawah suhu kritis dari adsorbat, pada umumnya adsorpsi terjadi pada tahapan multilayer.

Adanya pori pada permukaan padatan akan memberikan efek pembatasan jumlah lapisan pada adsorbat dan terjadi fenomena kondensasi kapiler. Kondensasi kapiler ini menyebabkan terjadinya histerisis (Adamson, 1990).

Model isoterm BET, selain dianalisis menggunakan grafik BET juga menggunakan metode Barrett-Joyner-Halenda (BJH) yaitu metode yang digunakan untuk menentukan distribusi ukuran dan volume pori. Dasar untuk perhitungan ukuran pori adalah akumulasi dari volume adsorbat yang keluar dan pengurangan ketebalan film dari pori sebelumnya ketika tekanan diturunkan.

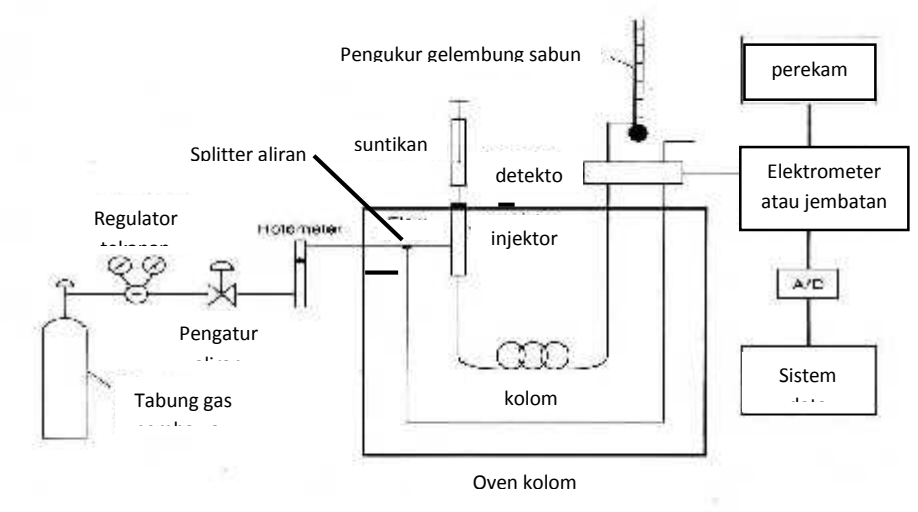
2.11 Kromatografi Gas

Kromatografi terdiri dari fasa diam dan fasa gerak. Komponen-komponen dari suatu campuran dilewatkan pada fasa diam yang dibawa oleh aliran fasa gerak. Pemisahannya berdasarkan pada perbedaan laju pergerakan antar komponen-komponen dalam sampel.

Dalam kromatografi gas, komponen-komponen dari sampel yang telah telah menjadi uap terfraksinasi dalam kolom karena adanya proses partisi antara fasa gerak dan fasa diam. Fasa diamnya dapat berupa padatan dan berupa cairan yang disupport pada suatu matriks padatan inert, sedangkan fasa geraknya berupa gas. Gas pembawa ini berupa gas inert seperti N_2, H_2, Ar, dan He. Jika fasa diamnya berupa padatan, maka tipe kromatografi ini disebut kromatografi gas-padat, namun jika fasa diamnya berupa cairan, maka tipe kromatografi ini disebut kromatografi gas-cair.

Prinsip kerja kromatografi gas yaitu, sampel yang telah diuapkan dimasukkan ke dalam kolom, kemudian komponen-komponen tersebut terdistribusi dalam kesetimbangan antara fasa diam dan fasa gerak. Setelah melewati kolom, komponen yang keluar dari kolom ditangkap oleh detektor dan

direkam oleh komputer sebagai kromatogram. Skema peralatan kromatografi gas dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 2.5 Instrumentasi kromatografi gas

Pada Gambar 2.5 terlihat komponen-komponen dasar peralatan kromatografi gas, yaitu :

2.11.1 Tabung gas pembawa

Gas pembawa diletakkan dalam tabung bertekanan yang dihubungkan dengan regulator tekanan, pengatur aliran, dan rotometer. Dalam sistem penyimpan gas ini terdapat suatu bahan penyaring molekul untuk menyerap air ataupun pengotor lainnya. Laju alir gas dikontrol oleh regulator tekanan dan pengatur aliran. Tekanan gas yang masuk berkisar 10 sampai dengan 50 psi (di atas tekanan ruang) dan laju alir gas sebesar 25 sampai dengan 50 mL/menit.

2.11.2 Sistem injeksi sampel

Sampel dimasukkan dengan sebuah suntikan yang kemudian melewati suatu karet atau piringan tipis yang terbuat dari silikon. Sampel kemudian memasuki pemanas sampel yang terletak pada kepala kolom. Sampel dipanaskan pada suhu 50°C di atas titik didihnya.

2.11.3 Kolom

Ada dua jenis kolom yang digunakan dalam kromatografi gas, yaitu :

2.11.3.1 Kolom kapiler

Kolom ini tidak dipengaruhi oleh tekanan tetesan dari injektor. Panjang kolomnya berkisar antara 10 sampai dengan 100 m atau lebih dan memiliki efisiensi cukup tinggi, namun memiliki kapasitas sampel sangat rendah (< 0.01 μL). Kapasitas kolom kapiler dapat ditingkatkan dengan *coating* suatu bahan berpori seperti grafit, oksida logam atau silikat pada bagian dalam *tube*.

2.11.3.2 Kolom packed

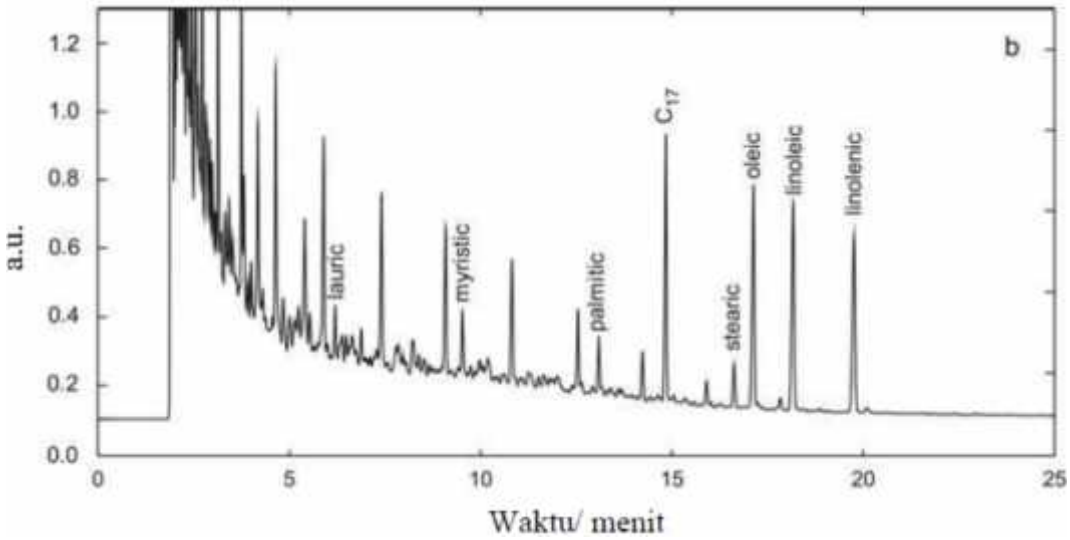
kolom ini terbuat dari *tube* logam atau dari gelas yang memiliki diameter dalam sebesar 1 sampai 8 mm, terbungkus oleh suatu padatan. Kolom ini mempunyai panjang 2 sampai 20 m.

2.11.4 Sistem deteksi

Sistem deteksi untuk kromatografi gas harus mempunyai kemampuan merespon sampel yang keluar dari kolom secara cepat dan akurat. Interval puncak yang melewati detektor biasanya berjarak satu detik atau kurang, sehingga detektor harus juga memiliki kemampuan untuk merekam respon secara penuh selama beberapa periode tertentu. Sifat lainnya yang harus dimiliki detektor yaitu

respon yang linear, stabilitas yang cukup baik dalam waktu yang lama, dan respon yang seragam untuk berbagai macam senyawa. Terdapat beberapa jenis detektor dalam kromatografi gas, diantaranya *Thermal Conductivity Detector* (TCD), *Flame Ionization Detector* (FID), *Electrone Capture Detector* (ECD), dan *Flame Photometric Detector* (FPD) (Skoog dan West, 1980).

Wawrzyniak dkk, (2005) melaporkan penentuan metil ester dalam minyak diesel menggunakan metode Kromatografi Gas (KG). Gambar 2.6 menunjukkan bahwa waktu retensi metil ester berurutan sesuai dengan panjang rantai karbon. Waktu retensi metil laurat (12:0) < metil miristat (C14:0) < metil palmitat (16:0) <metil heptadekanoat (internal standard) < metil stearat (18:0) < metil oleat (18:1) < metil linoleat (18:2) < metil linolenat (C18:3).



Gambar 2.6 Kromatogram metil ester pada minyak diesel

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Sampel

Sampel dalam Penelitian ini adalah minyak kelapa sawit sebagai bahan baku dengan CaO.SrO sebagai katalis

3.2 Variabel Penelitian

Sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai maka variabel yang dipelajari dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi variable bebas, variabel terikat, dan variabel terkendali

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya divariasi. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah perbandingan mol precursor CaO : SrO untuk membuat katalis CaO.SrO (1:1, 2:3, 1:4, 3:2, 4:1) terhadap karakter katalis, jenis katalis CaO.SrO (1:1, 2:3, 1:4, 3:2, 4:1) dan waktu reaksi terhadap metil ester yang dihasilkan

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas yang diberikan dan diukur untuk menentukan ada tidaknya pengaruh (kriteria dari variabel bebas). Pada penelitian ini adalah karakter CaO.SrO hasil sintesis dan rendemen metil ester sebagai hasil reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan bantuan katalis CaO.SrO hasil sintesis.

Variabel terkendali adalah faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil reaksi, tetapi dapat dikendalikan. Variabel terkendali pada penelitian ini adalah minyak kelapa sawit (1 mL),metanol 6 mL, daya *microwave* 80% (640 watt).

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

3.3.1 Alat

1. Elenmeyer 250 mL *Iwake pyrek*
2. Beker Glass 100 mL, 250 mL *Iwake pyrek*
3. Pipet Tetes
4. Gelas Arloji
5. Spatula
6. Cawan Porseline
7. Pengaduk Kaca
8. Corong
9. Magnetik stirrer
10. Tabung Reaksi Tertutup
11. Oven
12. Sentrifuge
13. Neraca Analitik
14. Seperangkat alat GC-MS merk shimadzu QP-5000
15. Gas Kromatografi Gas Hawlett Pacard 5890 series II
16. *Microwave*
17. Reaktor *Autoclave stanlees steel*

18. *X-Ray Diffraction Philips Expert*
19. SAA
20. GC
21. GC-MS

3.3.2 Bahan

1. Asam Oksalat (99,5%)
2. Stronsium Nitrat (99%)
3. Calsium Asetat (90%)
4. Amonium Hidroksida (1,5 M)
5. Urea (99,5%)
6. Air Deionisasi
7. Aseton (99,6%)
8. Metanol (99,9%)
9. Minyak Kelapa Sawit
10. Kertas Saring

3.4 Langkah-Langkah Penelitian

Katalis CaO.SrO-X(X menunjukkan perbandingan atom Ca dan Sr) disintesis berdasarkan metode kopresipitasi yang dilakukan oleh Ngamcharussrivichai *et al.,* (2008) pada sintesis CaO.ZnO dengan menggunakan sumber perkursor serta agen pengendap yang berbeda. Pada sintesis yang dilakukan oleh Ngamcharussrivichai *et al.,* (2008) menggunakan Ca dan Zn nitrat sebagai precursor serta Na_2CO_3 sebagai agen pengendapnya. Sedangkan pada sintesis ini menggunakan Ca dan Sr nitrat sebagai prekursor serta $H_2C_2O_4.2H_2O$

sebagai agen pengendap asam. Penggunaan metode hidrolisis diharapkan dapat memperoleh katalis dengan ukuran yang kecil.

3.4.1 Sintesis Katalis CaO.SrO-X

Untuk penyiapan dengan rasio molar 1:4; 2:3; 1:1; 3:2; 4:1 yang dilakukan pertama yaitu melarutkan $Ca(CH_3COO)_2.2H_2O$ dan $Sr(NO_3)_2.2H_2O$ dalam air deionisasi hingga homogen, perbandingan molarnya 1:4; 2:3; 1:1; 3:2; 4:1.Kemudian larutan tersebut perlahan-lahan ditambahkan dengan larutan encer $H_2C_2O_4.2H_2O$ berfungsi sebagai agen pengendap asam dengan kecepatan pengadukan 230 pada suhu kamar,PH dijaga antara 7-8 diamkan semalam pada suhu 60°C,selanjutnya metode hidrolisis urea digunakan dalam penelitian ini. Setelah menstirer campuran larutan logam dengan larutan urea,kemudian campuran tersebut disimpan dalam autoclave dan dihidrotermal pada suhu 110°C selama 24 jam. Produk padat diperoleh dengan filtrasi, lalu dicuci menggunakan air deionisasi dan aseton serta dikeringkan dalam oven pada temperatur 120°C selama semalam.Sebelum digunakan sebagai katalis,padatan kering dikalsinasi menggunakan furnace pada temperatur 800°C selama 4 jam. Setelah itu katalis campuran oksoda Ca dan Sr ditandai dengan CaO.SrO-X(dimana X adalah perbandingan Ca dan Sr).

3.4.2 Karakterisasi Katalis

Katalis CaO.SrO-X dikarakterisasi menggunakan teknik difrasi sinar-X (XRD) untuk identivikasi fase kristal dan kekristalan katalis dengan radiasi Cu K_α (λ=1.5405 Ă) pada 40 kV dan 30 mA, 2θ 1,5-40° dan kecepatan scan 0,02^o/detik.

Karakterisasi Luas Permukaan yaitu SAA versi 10,1,gas yang digunakan adalah gas nitrogen dengan berat 28,013 dan temperatur yang digunakan 77,3^{0}K

3.4.3 Uji Angka Asam Minyak Kelapa Sawit

Uji angka asam ini dilakukan untuk mengetahui kepastian dari angka asam minyak kelapa sawit dilakukan dengan cara menimbang 5 gram sampel ditambahkan 25 mL alkohol 95%,selanjutnya di refluk selama 10 menit sambil diaduk lalu dinginkan, setelah dingin tambahkan larutan PP dan titrasi dengan KOH 0,1N

3.4.4 Reaksi Transesterifikasi

3.4.4.1 Transesterifikasi minyak kelapa sawit (CPO) dengan variasi konsentrasi CaO.SrO-X

Transesterifikasi dilakukan pada tabung raksi tertutup dengan kapasitas 10 mL dengan menggunakan *microwave*. Diambil rasio volume minyak/metanol adalah 1:6. Minyak kelapa sawit sebanyak 1 mL dengan daya *microwave* 80% (640 watt).Pada saat yang sama, katalis yang optimum dari CaO.SrO-X : 1:4; 2:3; 1:1; 3:2; 4:1, 1% dalam berat minyak masing-masing konsentrasi dilarutkan dalam metanol dengan volume 6 mL. Menuangkan katalis tersebut dalam tabung reaksi tertutup, aduk campuran tersebut pada skala 300 rpm, dan daya dijaga konstan. Setalah reaksi antara metanol dan minyak bereaksi menjadi trigliserida dan metil ester, pemanasan dan pengadukan dihentikan dan selanjutnya dilakukan pemurnian produk.

3.4.4.2 Transesterifikasi minyak kelapa sawit (CPO) dengan variasi waktu reaksi transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit variasi waktu reaksi, dilakukan dengan cara yang sama seperti pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit variasi konsentrasi katalis CaO.SrO-X. Pada tahap ini, Transesterifikasi dilakukan pada tabung reaksi tertutup.Diambil rasio volume metanol/minyak adalah 6:1. Minyak kelapa sawit sebanyak 1 mL menggunakan microwave dengan daya 80% (640 watt). Pada saat yang sama, katalis CaO.SrO-X sebanyak 1% berat minyak yang paling baik pada transesterifikasi variasi konsentrasi katalis. Katalis CaO.SrO-X dilarutkan dalam metanol dengan volume 6 mL. Menuangkan katalis tersebut dalam tabung reaksi tertutup, aduk campuran tersebut pada skala 300 rpm, dan daya dijaga konstan, selanjutnya dilakukan pemurnian produk. Langkah transesterifikasi tersebut diulang pada variasi waktu reaksi yang telah ditentukan yaitu: 300 detik, 330 detik, 360 detik, 390 detik, dan 420 detik.

3.4.5 Prosedur karakterisasi biodiesel

Penelitian dimaksudkan menganalisis hasil optimum dari variasi konsentrasi katalis CaO.SrO-X dan waktu reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi dilakukan pada kondisi operasi dengan mereaksikan minyak kelapa sawit dan metanol serta dikatalitis oleh CaO.SrO-X yang divariasi konsentrasinya untuk menghasilkan metil ester dan gliserol. Metil ester yang dihasilkan berada di lapisan atas dan gliserol berada di

lapisan bawah, sehingga keduanya dapat dipisahkan menggunakan sentrifuge. Hasil terbaik dari variasi katalis dan waktu reaksi dapat diketahui k secara kulitatif dengan pengujian menggunakan GC untuk melihat konversi metil ester yang paling besar.

Pemeriksaan dengan menggunakan alat GC ini dilakukan dengan menggunakan jenis detektor FID, jenis kolom yang digunakan adalah HP5, suhu detektor 250°C, suhu injektor 280°C, gas pembawanya adalah nitrogen, serta jumlah sampel yang diinjeksikan sebanyak 0,2 mikro liter. Kromatogram tersebut diperkirakan berisi 5 buah puncak, yang berarti di dalam hasil reaksi transesterifikasi diperkirakan mengandung 5 buah senyawa. Puncak kelima dengan waktu retensi 6,620 kemungkinan adalah sisa metanol yang tidak ikut bereaksi, karena dalam penelitian ini digunakan metanol berlebih untuk mendorong reaksi ke arah kanan. Dan puncak pertama dan kedua dengan waktu retensi 2,597 menit dan 4,792 menit kemungkinan adalah pengotor-pengotor, yang dapat berupa sisa trigliserida yang tidak ikut bereaksi maupun sisa asam lemak bebas.

Gambar 3.1 Eksperimen transesterifikasi dengan menggunakan microwave

Keterangan Gambar :

1. Monitor
2. Pengatur Daya
3. Pengatur Waktu
4. Arah gelombang
5. Start

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tahap Pembuatan Katalis CaO.SrO

Pembuatan katalis heterogen CaO.SrO dengan perbandingan molar perkursor CaO dan SrO 1:1, 2:3, 3:2, 4:1, 1:4. Pembuatan katalis dilakukan dengan metode hidrolisis urea dan hidroternal autocalave agar diperoleh katalis yang berukuran nano hal ini sesuai yang dilakukan oleh Cicik (2012).

Tahapan pembuatan katalis yaitu melarutkan calsium asetat, stronsium nitrat dan penambahan asam oksalat sampai campuran homogen, ditambahkan larutan asam oksalat bertujuan untuk membentuk calsium oksalat dan stronsium oksalat, campuran tersebut dalam suasana asam, untuk menetralkan ditambahkan NH_4OH sampai pH 7-8. Tahapan *egieng* pada suhu 60^oC selama semalam bertujuan untuk menghilangkan pengotor. Larutan diaduk menggunakan stirer bertujuan agar campuran homogen, penambahan larutan urea bertujuan untuk membentuk nano partikel. Pembentukan kristal dilakukan dengan memasukkan kedalam hidrotermal. Di dalam alat tersebut terjadi reaksi menggunakan air, lapisan pada tahap ini reaksinya tidak boleh kering karena menyebabkan katalis tidak terbentuk. Proses hidrotermal dari autoclave dilakukan suhu 110^oC selama 24 jam.

Katalis tersebut dicuci dengan aquademin dan aseton utuk menghilangkan pengotor lain yang tidak diinginkan, setelah dicuci endapan dioven selama semalam dengan suhu 120^oC untuk menghilangkan air. Katalis yang diperoleh

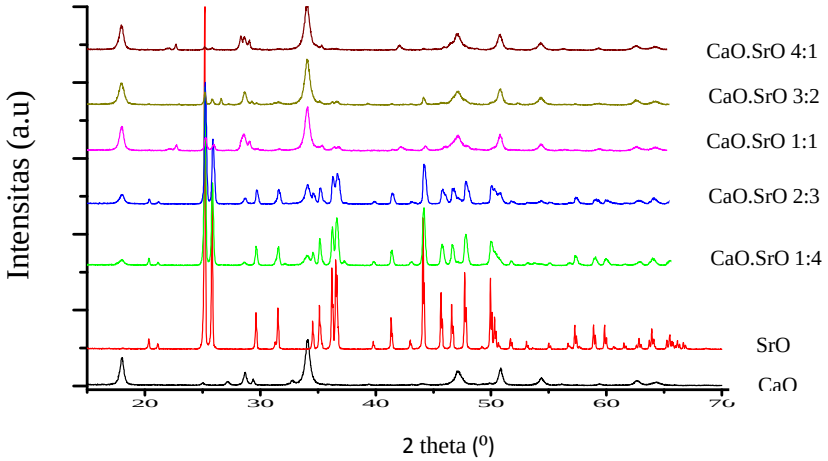
yang berupa serbuk berwarna putih dengan tekstur lembut/halus seperti bedak, Setelah kering katalis ditimbang dan dicatat hasilnya. Katalis yang diperoleh ini selanjutnya dikalsinasi selama 4 jam dengan suhu 800°C untuk mendapatkan kristalinitas dari katalis CaO.SrO yang tinggi, hasil katalis CaO.SrO setelah dikalsinasi yaitu dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Setelah dikalsinasi

No.	Perbandingan Katalis CaO.SrO	Hasil (gram)
1.	3:2	1,9210
2.	4:1	2,1896
3.	2:3	5,0973
4.	1:4	1,9530
5.	1:1	3,1599

4.2 Karakterisasi Katalis CaO.SrO dengan XRD

Karakterisasi CaO.SrO dengan XRD digunakan untuk mencari informasi mengenai derajat kemurnian, kristalinitas dan kisi kristal (Kwayke-Awuah, 2008).Puncak-puncak difraksi sinak -X direkam dengan PW Philips menggunakan filter Ni sumer sinar Cu Kα dengan range 2θ = 20 – 70°. Pola difraksi sinar-X untuk CaO, SrO, CaO.SrO ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar. 4.1 Pola difraksi XRD katalis CaO,SrO dan CaO.SrO

Gambar 4.1 menunjukkan pola difraksi CaO.SrO merupakan gabungan dari pola CaO dan SrO. Puncak karakteristik CaO terlihat pada 2θ = 32,7 dan 64,3 sedangkan puncak karakteristik SrO terlihat pada 2θ = 25,2. Pola difraksi X CaO.SrO merupakan gabungan antara kedua karakter dari CaO dan SrO. Pada katalis CaO.SrO puncak 2θ =34,06 sudah terlihat pada perbandingan molar 4:1 . Adanya SrO pada CaO.SrO menyebabkan kristalinitas CaO semakin berkurang, hal ini terlihat pada puncak karakteristik CaO pada 2θ = 32,5 dan 64,2 yang semakin menurun seiring dengan kenaikan % penambahan SrO. Adanya SrO pada CaO.SrO menyebabkan kenaikan kristalinitas SrO yang terlihat pada 2θ = 58,8 dan 2θ = 62,8 yang mengalami kenaikan kenaikan seiring dengan kenaikan penambahan SrO pada CaO. Namun demikian puncak difraksi pada 2θ = 34,06 ini merupakan pola difraksi gabungan CaO dan SrO karena pada masing-masing katalis baik SrO maupun CaO mempunyai puncak karakter pada 2θ = 34 dan 25. Penurunan kristalinitas pada katalis pendukung karena adanya dopan ini juga ditunjukkan oleh beberapa katalis lain seperti CuO/TS-1pada puncak karaktristik TS-1 pada 2θ = 24 (Widiarti, 2011), adanya puncak karakter SrO pada CaO.SrO menunjukkan distribusi SrO pada permukaan CaO kurang merata, hal ini menyebabkan terbentuknya aglomerasi SrO pada permukaan CaO. Hasil karakterisasi selengkapnya disajikan pada Tabel 4.2

Tabel.4.2 Hasil Karakterisasi Sinar X

Senyawa			2θ			Referensi
CaO	32,2	37,3	58,3	64,1	67,3	JCPDS data
CaO	32,4	-	-	64,7	-	Aldes, 2013
$Ca(OH)_2$	-	-	47,2	-	48,5	
$CaCO_3$	29,4	39,5	43,2	47,5	-	
CaO	32,5	-	54,3	64,2		Hasil Sintesis
$Ca(OH)_2$	-	-	47,1	-	-	
$CaCO_3$	29,4	39,4	43,1	-	-	
SrO	25,2	-	-	58,8	62,8	
CaO.SrO	18,07	25,1	34,06	54,3	-	
CaO/SrO	34,131	37,5	54,2	-	-	Widiarti, 2014
SrO	22	25	40,24	58	62	

4.3 Sintesis Biodisel

Sintesis biodiesel dilakukan setelah melalui beberapa faktor yang harus diketahui. Salah satunya adalah penentuan angka asam karena jika angka asam lebih dari 2% sintesis biodiesel dilakukan melalui tahap reaksi esterifikasi dan dilanjutkan reaksi transesterifikasi,sedangkan apabila angka asam kurang dari 2% dapat dilakukan dengan reaksi transesterifikasi secara langsung. Oleh sebab itu penelitian ini perlu membuktikan berapa besar angka asam dari minyak kelapa sawit agar dapat dilanjutkan untuk sintesis biodiesel.

4.3.1 Penentuan angka asam dari minyak kelapa sawit

Penentuan angka asam dilakukan dengan cara mencampurkan minyak dengan alkohol 95% setelah itu direfluk selama 15 menit dilanjutkan titrasi dengan NaOH 0,1M dan sampel ditetesi phenolpitalin. Titik akhir titrasi ditandai dengan warna merah muda pada larutannya. Data angka asam minyak kelapa dapat disajikam pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Data Angka Asam Minyak Kelapa Sawit

Angka Asam (mg NaOH/g minyak)	Metode Uji
0,139%	SNI 3741: 2013

Tabel 4.3 menunjukkan kadar angka asam minyak kelapa sawit sebanyak 0,139%. Kadar tersebut tidak melebihi ketentuan angka asam yang ditetapkan oleh SNI sehingga minyak tersebut dapat langsung di gunakan untuk reaksi transesterifikasi untuk mendapatkan biodiesel dengan menggunakan katalis heterogen CaO.SrO hasil sintesis. Setelah diketahui angka asam dapat dilakukan untuk sintesis biodiel. Sintesis biodisel dilakukan dengan bahan baku minyak kelapa sawit dan metanol dengan bantuan katalis CaO.SrO yang sebelumnya di sentesis,metanol yang digunakan berkosentrasi 99%.

Tahapan sintesis biodiesel menggunakan reaksi transesterifikasi dengan daya microwave 640 Watt, rasio volume yang digunakan 1:6 (minyak : metanol) dimana minyak yang digunakan 1 mL dan metanolnya sebanyak 6 mL, jumlah katalis 1% dari b/v. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara trigliserida dalam minyak dengan alkohol yang menghasilkan metil ester dan hasil samping berupa gliserol. Tahapan sintesis biodiesel dilakukan dengan variasi waktu dan perbandingan katalis. Variasi waktu yang di gunakan yaitu 300 detik, 330 detik, 360 detik, 390 detik, dan 420 detik, serta variasi perbandingan katalis 1:1, 2:3, 3:2, 1:4, 4:1.

Gambar 4.2 Metil ester hasil sintesis

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat hasil optimasi sintesis biodiesel menggunakan waktu dan perbandingan molar katalis yang optimal. Untuk mengetahui komponen biodiesel yang dihasilkan dapat di analisis dengan menggunakan GC dan GC-MS.

Hasil reaksi transesterifikasi kemudian dikarakterisasi menggunakan *Gas Chromatography* (GC), *Gas Chromatography Mass Spectrometri* (GC-MS), dan uji fisik sesuai ketentuan SNI untuk biodiesel.

4.3.2 Sintesis Biodisel dengan Optimasi waktu reaksi menggunakan *Microwave*

Optimasi waktu reaksi dilakukan dengan mereaksikan minyak kelapa sawit, metanol dan katalis perbandingan 2 : 3 dengan jumlah katalis 1% berat/volume reaktan total pada daya microwave 640 Watt (80%) dan variasi waktu reaksi 300 detik, 330 detik, 360 detik, 390 detik dan 420 detik. Seperti yang dilakukan (Arita, 2013) yang mensintesis biodiesel melalui reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan metanol dan memperoleh hasil yang baik pada penggunaan rasio volume sebesar 1:6, jumlah katalis digunakan 1% dengan gelombang mikro 300 watt *yield* biodiesel yang dihasilkan 91,15%. Sintesis

biodiesel dengan variasi waktu bertujuan untuk memperoleh hasil yang lebih baik pada variasi waktu yang optimum.

Metil ester hasil sintesis kemudian diuji menggunakan *Gas Chromatography (GC)* untuk mengetahui perbandingan waktu optimal yang dapat dikonversi menjadi metil ester maksimal.Pengujian GC dilakukan di laboratorium Instrumen Kimia Unnes dengan menggunakan jenis detektor FID jenis kolom HP5, suhu detektor 250°C, suhu injektor 280°C, gas pembawanya nitrogen serta jumlah sampel yang diinjeksikan sebanyak 0,2 mikro liter.Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian menggunakan GC, konversi metil ester hasil optimasi rasio mol minyak goreng bekas dan metanol dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Presentase konversi metil ester dengan variasi waktu

No.	Waktu (detik)	% Metil Ester
1.	300	38,7
2.	330	41,8
3.	360	43,5
4.	390	58,2
5.	420	85,2

Tabel 4.4 menunjukan pada waktu 420 detik menghasilkan konversis metil ester sebesar 85,206%. Utami *et al.,* (2012) menjelaskan bahwa semakin lama waktu reaksi transesterifikasi maka konversi metil ester semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu reaksi maka waktu kontak antar reaktan semakin lama sehingga memberikan peluang konversi yang semakin besar.

4.3.3 Optimasi jenis katalis pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel

Optimasi perbandingan katalis dilakukan dengan mereaksikan minyak kelapa sawit menggunkan metanol pada energi microwave dan waktu optimal

yaitu daya 640 Watt (80%) dan waktu 420 detik dengan jumlah katalis 1% berat/volume reaktan total.Katalis yang digunakan dalam reaksi ini adalah perbandingan molar katalis CaO, SrO, 1:1 CaO.SrO, 2:3 CaO.SrO, 3:2 CaO.SrO, 1:4 CaO.SrO, dan 4:1 CaO.SrO. Metil ester hasil reaksi transesterifikasi menggunakan berbagai perbandingan molar katalis dari hasil GC dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Presentase metil ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit pada optimasi perbandingan katalis utuk reaksi.

No.	Perbandingan Katalis	% Metil Ester
1.	3:2	94,1
2.	4:1	88,5
3.	2:3	85,2
4.	1:4	98
5.	1:1	94,9

Berdasarkan tabel 4.5 menunjukkan bahwa CaO dan SrO merupakan katalis aktif pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel. Hal ini terlihat pada perbandingan katalis 4:1 menghasilkan metil ester 98%. Berdasarkan perolehan biodiesel yang dihasilkan, SrO mempunyai aktivitas yang lebih tinggi dibanding dengan CaO karena sifat kebasaan SrO yang lebih tinggi dibanding dengan CaO. Sifat basa inilah yang meningkatkan keelektronegatifan kation logam terkonjugasi. Keelektronegatifan kation logam terkonjugasi juga meningkatkan gaya atraktif elektron kation logam terkonjugasi dan sifat kebasaan anion oksigen. Sifat ini akan menentukan aktivitas katalitik pada logam oksida logam alkali tanah (Masato Kouzu *et al.,* 2008)

Indah (2011) mensintesis biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan menggunakan katalis CaO dan SrO. Kedua katalis kemudian menghasilkan

konversi berbeda pada waktu reaksi yang sama. Pada reaksi selama 30 menit katalis CaO memberikan konversi sebesar 18,3117%, sedangkan SrO memberikan konversi 53,018%.

Fanny (2012) melakukan sintesis biodiesel dari minyak nabati melalui reaksi transesterifikasi dengan katalis CaO super basa didapatkan hasil 98,8 %.

Berdasarkan hasil dari sintesis tersebut selanjutnya dapat dilakukan pengujian luas permukaan dari katalis CaO.SrO agar mengetahui pengaruh dari luas permukaannya terhadap hasil sintesis biodiesel dari minyak kelapa sawit.

4.3.4 Karakterisasi Luas Permukaan katalis CaO.SrO

Katalis CaO.SrO dikarakterisasi menggunakan SAA (*Surface area analyzer*) bertujuan untuk mengetahui luas permukaan dari masing-masing katalis CaO,SrO dan katalis CaO.SrO yang sudah dikopresipitasi, metode ini dilakukan bertujuan untuk meningkatkan aktivitas dari katalis CaO dan SrO.

Katalis yang dikalsinasi pada suhu 800 ^{0}C dengan waktu 4 jam bertujuan agar membentuk katalis CaO dengan luas permukaan 11,4 m^2/g. Hal ini menunjukan hasil yang lebih tinggi dari penelitian yang telah dilakukan oleh Liu, dkk dan Xin *et al.,* (2009) dengan hasil yang diperoleh ini diharapkan dapat menghasilkan yield biodisel lebih banyak dari penelitian yang sebelumnya sudah pernah diklakukan.

Stronsium oksida (SrO) dipersiapkan dengan cara kalsinasi $Sr(NO_3)_2$ didalam furnace pada suhu 800 ^{0}C selama 4 jam. Hasil dari penelitian yang sudah dikerjakan yaitu katalis SrO memperoleh hasil yang lebih luas dari penelitian yang sudah dilakukan oleh Liu dkk, karakterisasi dari katalis SrO memperoleh

hasil luas permukaan 1,802 m^2/g, sehingga dapat dimungkinkan nantinya pada saat sintesis biodisel dapat dihasilkan *yield* biodisel lebih banyak karena dengan adanya luas permukaan yang lebih besar maka aktifitas katalitiknya meningkat.

Liu *et al.,* (2008) melaporkan pemanfaatan SrO untuk transesterifikasi minyak kedelai dengan metanol menghasilkan yield biodisel 98% dengan lama reaksi 30 menit, hasil karakterisasinya SrO memperoleh hasil luas permukaan 1,05 m^2/g.

Modifikasi katalis dengan metode kopresipitasi bertujuan untuk meningkatkan aktifitas katalitik dan menghasilkan *yield* biodisel lebih banyak. Hasil dari karakterisasi katalis CaO.SrO dengan perbandingan 4:1 menunjukan luas permukaan 4,512 m^2/g hasil ini menunjukan penurunan luas permukaan CaO dan peningkatan luas permukaan SrO. Hasil Karakterisasi luas permukaan katalis CaO, SrO, dan CaO.SrO dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel. 4.6 Luas Permukaan, Rerata Jejari Pori, dan Volume Pori Katalis Hasil Sintesis

Jenis Katalis	Luas Permukaan (m^2/g)	Rerata Jejari Pori (Å)	Volume Pori (cc/g)
CaO	11,400	$5,775x10^2$	$3,292x10^{-1}$
SrO	1,802	$4,929x10^1$	$4,442x10^{-3}$
CaO.SrO	4,512	$3,979x10^2$	$8,977x10^{-2}$

Tabel 4.6 menunjukkan hasil dari luas permukaan,jejari pori dan volume pori katalis CaO, SrO, dan CaO.SrO. Dari data tersebut terlihat bahwa luas permukaan jejari pori berbanding terbalik dengan volume pori yang dihasilkan.

Xin *et al.,* (2009) telah berhasil meningkatkan aktivitas katalis CaO dengan membuat CaO dalam bentuk bolamikro yang menghasilkan *yield* biodisel

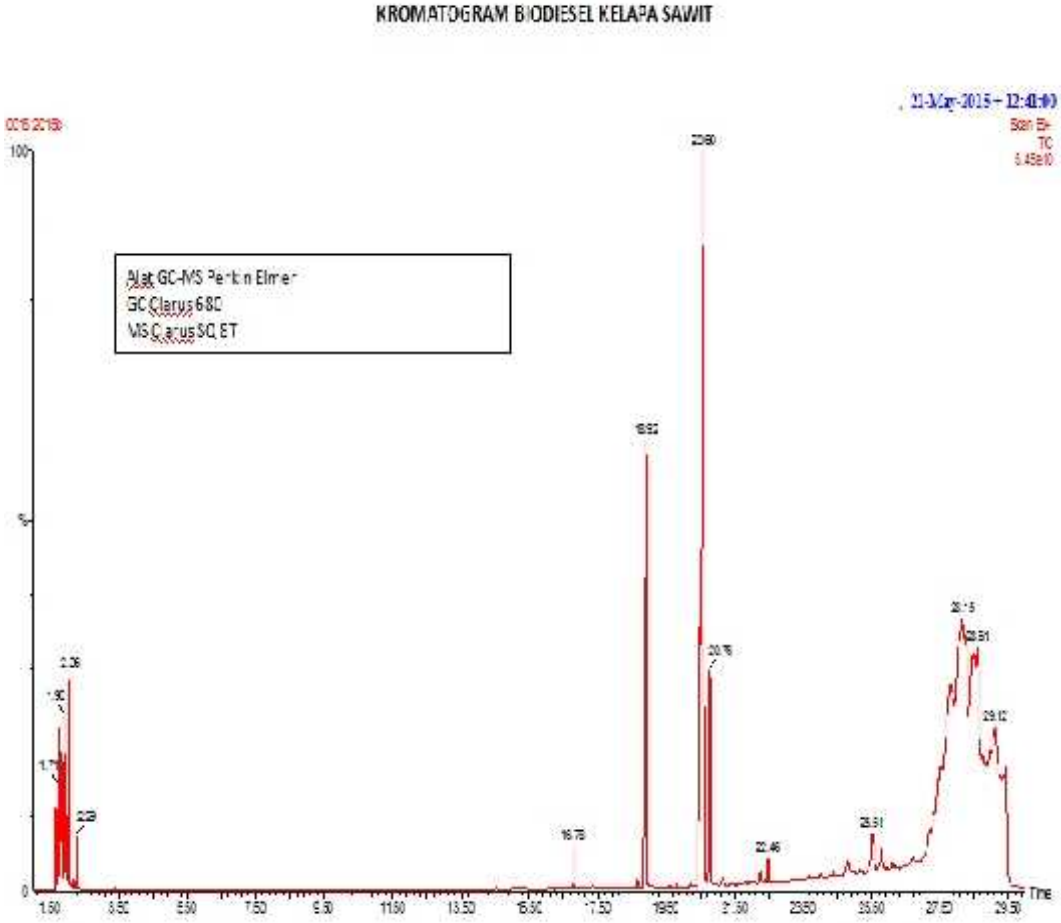
98,72% dalam waktu 3 jam pada suhu 65 ^{o}C dan 3% katalis bolamikro,hasil karakterisasi CaO bolamikro mempunyai luas permukaan 5,3 m^2/g. Katalis yang memiliki luas permukaan yang lebih besar maka memiliki daerah kontak lebih banyak dengan molekul (Liu *et al.,* 2008). Beberapa penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Data karakterisasi katalis dan hasil sintesis biodisel

Katalis	Luas Permukaan	Kondisi reaksi	Penyiapan katalis	Yield biodisel	Referensi
Nano MgO	Tidak dilaporkan	T= 250 C t = 10 menit Katalis = 3% Metanol/oil = 36 : 1	Tidak dilaporkan	99 %	Wang dan Yang, 2007
CaO	13 m^2/g	T= 60-65 C t = 1 jam katalis = 0,78g metanol/oil = 12 : 1	Kalsinasi suhu 900 C selama 1,5 jam dengan dialiri gas helium	93 %	Kouzu *et al.,* 2008
CaO	0,56 m^2/g	T= 65 C t = 3 jam katalis = 8 % metanol/oil = 12 : 1	Tidak dilaporkan	95 %	Liu *et al.,* 2008
CaO (bolamikro)	5,4 m^2/g	T= 65 C t = 3 jam katalis = 3 % metanol/oil = 9: 1	Mikropartikel dikalsinasi pada suhu 1000C selama 3 jam	98,72 %	Xin *et al.,* 2009
SrO	1,05 m^2/g	T= 65 C t = 30 menit katalis = 3 % metanol/oil = 12 : 1	Kalsinasi di dalam furnice pada suhu 1200 C selama 5 jam	98 %	Liu *et al.,* 2007

4.3.5 Karakterisai Produk Hasil Transesterifikasi dengan Instrumen GC-MS

Karakterisasi minyak kelapa sawit hasil transesterifikasi ditunjukan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Kromatogram GC-MS Biodisel dari Minyak Kelapa Sawit

Pada Gambar 4.3 tersebut terlihat bahwa terdapat 5 puncak yang relatif lebih tinggi dan lebar dibandingkan dengan puncak lain yang terdapat dalam kromatogram tersebut. Ada 2 puncak yang menunjukkan adanya metil ester (biodiesel) yang terbentuk dalam reaksi transesterifikasi dari minyak kelapa sawit dengan menggunakan katalis CaO.SrO yaitu puncak nomor 5 dan 6. Puncak pertama menunjukkan waktu retensi 18,801 menit yang merupakan senyawa metil ester dari asam palmitat dengan persentase 6,67%. Puncak kedua pada waktu

retensi 20,436 merupakan senyawa metil ester dari asam linoleat dengan persentase 14,68%. Berdasarkan data GC-MS juga diperoleh rendemen metil ester (biodiesel) yang terbentuk sebesar 21,35%.

CaO.SrO bisa digunakan dalam reaksi transesterifikasi sebagai katalis heterogen.Hal ini ditunjukkan dengan terbentuknya senyawa metil ester (biodiesel) dari beberapa asam lemak walaupun masih ada asam lemak dalam produk yang dihasilkan

Hasil karakterisasi komponen-komponen minyak kelapa sawit hasil reaksi tansesterifikasi dengan instrument GC-MS ditunjukkan dalam tabel 4.8

Tabel 4.8 Komponen minyak kelapa sawit hasil analisa GC-MS

Nomor Puncak	Waktu Retensi	Identifikasi Senyawa	Presentase (%)
1	18,801	Asam Palmitat	6,67
2	20,436	Asam Linoleat	14,68

Metil ester yang dihasilkan dalam reaksi transesterifikasi ini terbentuk dengan adanya reaksi asam lemak dalam minyak dan metanol dengan katalis CaO.SrO dalam reaksi transesterifikasi.

4.4 Uji Kualitas Biodisel

Karakterisasi fisik biodiesel bertujuan untuk mengetahui kualitas fisik biodiesel hasil sintesis sesuai dengan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI). Pada penelitian ini karakterisasi fisik yang dilakukan meliputi densitas dan viskositas kinematis biodiesel. Densitas merupakan suatu ukuran zat yang diukur dari perbandingan massa dan volume zat tersebut.

Data perbandingan densitas biodiesel hasil sintesis dengan minyak goreng bekas dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Densitas minyak kelapa sawit dan biodiesel

	Minyak Kelapa Sawit	Biodiesel Hasil	Biodiesel SNI
Densitas (g/mL)	0,933	0,867	0,85 - 0,89

Tabel 4.9 menunjukkan nilai densitas biodiesel hasil sintesis sebesar 0,867 g/mL, nilai ini mengalami penurunan dari densitas minyak kelapa sawit yang merupakan bahan baku sintesis biodiesel. Penurunan ini terjadi karena trigliserida dalam minyak kelapa sawit telah terkonversi menjadi metil ester, yang memiliki densitas lebih rendah dari pada trigliserida (Kartika dan Widyaningsih, 2012). Setelah melewati proses reaksi dengan metanol densitas turun dari 0,90 g/ml menjadi 0,87 g/mL. Standar Nasional Indonesia nomor 7182:2012 menyebutkan bahwa biodiesel memiliki densitas sebesar 0,85–0,89 g/mL. Pada penelitian ini biodiesel hasil sintesis memiliki densitas sebesar 0,87 g/mL, sehingga dapat dikatakan densitas biodiesel hasil sintesis telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI. Viskositas kinematis merupakan fungsi dari waktu yang dibuat oleh bahan cair untuk mengalir melalui kapiler di bawah pengaruh gravitasi bumi dan dinyatakan dengan centistokes (Zahriyah, 2009).

Viskositas diukur dengan menggunakan viskometer Oswald yang dilakukan pada suhu 20 ˚C dan menggunakan standar zat yang telah diketahui viskositasnya yaitu berupa aquades. Nilai viskositas biodiesel yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Visositas minyak kelapa sawit dan biodiesel

	Minyak Kelapa Sawit	Biodiesel Hasil	SNI	Knothe dan Steidley (20 ˚C)
Viskositas (cSt)	40,206	7,03	2,3 – 6,0	6,43

Tabel 4.10 menyatakan nilai viskositas biodiesel hasil sintesis sebesar 7,03 cSt. Nilai ini lebih besar dari viskositas yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia untuk biodiesel yaitu sebesar 2,3-6,0 cSt. Knothe dan Steidley (2007) menyebutkan viskositas biodiesel pada suhu 20 ˚C sebesar 6,43 cSt, namun dalam penelitian ini biodiesel yang dihasilkan memiliki viskositas pada suhu 20 ˚C yang lebih besar yaitu 7,03 cSt. Viskositas lebih tinggi dari standar yang ditetapkan juga diperoleh Ratno *et al.,* (2013) yang mendapatkan nilai viskositas kinematis biodiesel minyak jelantah sebesar 8,37 cSt (40 ˚C). Tingginya viskositas Biodiesel ini menurut Sari (2007) disebabkan karena perlakuan reaksi pada suhu tinggi terdapat indikasi terjadinya reaksi oksidasi termal, yaitu dekomposisi susunan kimiawi akibat pengaruh panas. Reaksi oksidasi ini dapat terjadi selama proses pemanasan minyak sebelum metanol ditambahkan dan juga dapat terjadi pada metil ester saat reaksi transesterifikasi berlangsung. Peristiwa oksidasi ini menyebabkan terbentuknya molekul hidroperoksida, aldehid, keton dan asam yang dapat mengubah sifat bahan bakar. Senyawa hidroperoksida memicu terjadinya polimerisasi dan mengakibatkan terbentuknya endapan yang tak larut sehingga viskositas metil ester meningkat, meskipun nilai viskositas yang dihasilkan belum sesuai dengan standar yang ditetapkan namun viskositas biodiesel jauh lebih kecil dibanding viskositas minyak goreng bekas. Hal ini menunjukkan keberhasilan reaksi transesterifikasi yang dilakukan karena reaksi transesterifikasi merubah trigliserida menjadi metil ester yang memiliki viskositas lebih kecil dibanding trigliserida.

Berdasarkan hasil dari seluruh data yang diperoleh menunjukan metil ester sebesar 98% hasil ini lebih rendah dari penelitian yang telah dilakukan Indah (2011) dan Fany (2012) perbedaan hasil ini karena disebabkan oleh komposisi katalis yang tidak hanya CaO dan SrO saja melainkan adanya senyawa lain seperti $CaCO_3$, Ca(OH), $SrCO_3$ yang dapat dilihat dari hasil data analisis XRD.Faktor yang lain yaitu waktu sintesis katalis yang dilakukan kurang lama, suhu kalsinasi pada pembentukan kristalinitas kurang tinggi, serta waktu yang dilakukan untuk sintesis katalis kurang lama dan kurangnya volume reaktan yang dilakukan pada saat sintesis biodiel.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.2 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan uraian pembahasan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Katalis CaO.SrO dengan perbandingan molar 4:1 mempunyai kristalinitas pada 2θ= 34,06 dan 2θ= 54,3 serta luas permukaan 4,512 m^2/g
2. Kondisi reaksi sintesis biodisel diperoleh pada waktu reaksi 420 detik, perbandingan molar katalis 4:1 dengan hasil *yield* biodisel 98 %

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan memperpanjang waktu reaksi dan memperbanyak volume minyak dan metanol agar mendapat hasil yang optimal
2. Perlu dilakukan sintesis katalis yang sama dengan suhu lebih tinggi dan waktu yang lebih lama agar mendapatkan sifat katalis yang lebih baik yang optimal
3. Hasil Karakteristik fisik memberikan nilai viskositas yang kurang sesuai dengan SNI 7182:2012 sehingga penulis memberikan saran untuk dilakukan penelitian sejenis sehingga dihasilkan metil ester yang sesuai dengan standar yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

Adamson, A.W., (1990), *Physical Chemistry of Surfaces,* John Wiley & Sons, Inc, New York.

Alba-Rubio, A. C., Santamaria-Gonzalez, J., dan Josefa M., (2010), "Heterogeneous Transesterification Processes by Using CaO Supported On Zinc Oxide as Basic Catalysts", *Catalysis Today*. 149: 281-287

Badan Standarisasi Nasional. 2012. Standar Nasional Indonesia Biodiesel. SNI 7182:2012. Tersedia di www.bsn.go.id.

Buasri, A., B. Ksapabutr, M. Panapoy, and N. Chaiyut. 2012. Biodiesel Production from Waste Cooking Palm Oil Using Calcium Oxide Supported on Activated Carbon as Catalyst In A Fixed Bed Reactor. *Korean J. Chem. Eng*., 29(12): 1708-1712.

Carmo, A.C., Luiz K.C., Carlos E.F., Longo, E., José R.Z, dan Geraldo N., (2009), "Production of biodiesel by esterification of palmitic acid over mesopori aluminosilicate Al-MCM-41", *Fuel*, 88: 461-468.

Ching-Lung Chen[a], Chien-Chang Huang[b], Dang-Thuan Tran[a],Jo-Shu Chang[a, c, d] ., (2012), "Biodiesel synthesis via heterogeneous catalysis using modified strontium oxides as the catalysts", *Bioresource Technology*.**,** 113: 8–13

Cicik HY, (2011*)."* Sintesis katalis nanopartikel CaO.ZnO dan aktivitasnya pada transesterifikasi refined palm oil untuk produksi biodiesel" *Jurnal Teknika.* 3 (2): 231-236

Ewing, G.W., (1985), Instrumental Methods of Chemical Analysis, McGraw Hill Book Company, New York

Fanny,W. A., 2012. *Pengembangan Katalis Kalsium Oksida untuk Sintesis Biodisel.* Institut Teknologi Bandung

Firdaus L. H., A. R. Wicaksono, dan Widayat. 2013. Pembuatan Katalis H-Zeolit dengan Impregnasi KI/KIO_3 dan Uji Kinerja Katalis untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri,* (2)2:148-154.

Gerpen, J. Van B., Shanks, dan R. Pruszko. 2004. *Biodiesel Production Technology August 2002-January 2004*.

Gregg, S.J and Sing, K.S.W., (1982), "*Adsorption, Luas permukaan and Porosity"*, 2nd Edition, London: Academic Press.

Gryglewicz, S., (1999), “Rapeseed oil methyl esters preparation using heterogeneous catalysts”, *Bioresource Technology*, 70: 249-253

Haber, J., Block, J. H., dan Delmon B., (1995), “Manual of Methods and Procedures for Catalyst Characterization”, *Pure and Applied Chemistry*. 67: 1257-1306.

Handayani, S. P., 2010. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Ikan dengan Radiasi Gelombang Mikro (Skripsi)*. Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Hambali E, S Mujdalipah, AH Tambunan, AW Pattiwiri dan R. Hendroko. 2008. *Teknologi bioenergi*. Cetakan kedua. Agromedia Pustaka, Jakarta.

Hikmah, Maharani N. dan Zuliyana. 2010. *Pembuatan Metil Ester (BIODIESEL) dari Minyak Dedakdan Metanol Dengan Proses Esterifikasi dan Tranesterifikasi*. Skripsi Tekini kimia Universitas Diponegoro. Online.

Indah,Tuti.2011.*Katalis Basa Heterogen Campuran CaO & SrO Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit*.Universitas Sriwijaya Sumatra Selatan

Kalam, M.A. dan Masjuki, H.H. 2002. Biodiesel from palmoil-an analysis of its properties and potential, *Journal Biomass and Bioenergy*. 23: 471-479

Kanade K.G., Kale B.B., Aiyer R.C., dan Das B.K., (2006), “Effect Of Solvents On The Synthesis Of Nano-Size Zinc Oxide And Its Properties”, *Materials Research Bulletin*, 41: 590–600

Kartika, D. dan S. Widyaningsih. 2012. Konsentrasi Katalis dan Suhu Optimum pada Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit Alam Aktif (ZAH) dalam Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(3): 219-226.

Kim, D, J. Choi, G-J Kim, S.K. Seol, 2011. “Microwave accelerated energy efficient esterification of free fatty acid with a heterogenous catalyst”. *Bioresource Technology* 102 (3): 345-361

Kim, H.J. , Kang, B.S., Kim, M.J., Park, Y.M., Kim, D.K., (2004), “Transesterification of vegetable oil to biodiesel using heterogeneous base catalyst”, Catalytic Today, (93–95): 315–320.

Knothe, G. Dan Steidlet, K. R. 2007. Kinematic viscosity of biodiesel components (fatty acid alkyl esters)and related compounds at low temperatures. *Fuel,(*86) :2560–2567.

Lertsathapornsuk V., P. Ruangying, R.Pairintra dan K. Krisnangkura, 2004. *continuous transethylation of vegetable oils by microwave irradiation*. Thailand

Lesbani. A, P. Tamba, R. Mohadi, Fahmariyanti. 2013. Preparation of calcium oxide from *Achatina fulica* as catalyst for production of biodiesel from waste cooking oil. *Indo. J. Chem, 13 (2):176-180*

Liu, X., He, H., Wang, Y., Zhu, S., Piao, X. 2008. Transesterification of soybean oil to biodiesel using CaO as a solid base catalyst. *Fuel*, (87) 216–221.

Maulidya, Noorita Ayu dan Dewi, Faith Rosary Anggun. 2010. Pabrik biodiesel dari Minyak Biji Kapuk Randu Dengan Proses transesterifikasi. Jurnal ITS Surabaya.

Mardiah; Widodo, Agus; Trisningwati, Efi; Purijatmiko,Aries.2006. *Pengaruh Asam Lemak dan Konsentrasi Katalis Asam terhadap Karakteristik dan Konversi Biodisel pada Transesterifikasi Minyak Mentah Dedak Padi.* Jurusan Teknik Kimia,Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Surabaya

Mescha Destiana, Agustinus Zandy, Nazef dan Soraya Puspasari. 2007. Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel. Jurnal Teknik Mesin ITB Bandung,. 6 (2) : 120-126

Muchtadi, T.R. 2006. *Pengetahuan Bahan Pangan Nabati*. Penerbit Universitas Terbuka. Jakarta.

Purwaningsih, E. 2012. *Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa dengan Metanol Menggunakan Katalis Bentonit.* Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.

Rahadiyan. 2010. *Pengaruh KAtalis Basa-Heterogen Campuean CaO.MgO pada reaksi transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit.* Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya. Palembang, Indonesia

Ratno, Mawardi, L. J., dan Zulkifli. 2013. Pengaruh Ampas Tebu sebagai Adsorbent padaProses Pretreatment Minyak Jelantah terhadapKarakteristik Biodiesel. *Jurnal Teknik Pomits,* 2(2): 2301-9271.

Renita, Manurung. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Li yang di-Doping ke Dalam Katlais CaO Terhadap Reaksi Trasnsesterifikasi Minyak Sawit.* Universitas Sumatra Utara

Santoso, A. 2008. *Pemanfaatan gelombang mikro untuk meningkatkan efisiensi sintesis biodiesel Sebagai energi terbarukan*. Universitas Muhamadiah, Malang.

Sari, A. B. T. 2007. *Proses Pembuatan Minyak Jarak Pagar (Jatropha curcas L.) dengan Transesterifikasi Satu Dan Dua Tahap*. Skripsi. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Sastrohamidjojo, Hardjono. 2002. Kromatografi. Yogyakarta : FMIPA UGM.

Skoog, D.A., dan West, D.M, (1980), *Principles of Instrumental Analysis*, Second Edition, Sounders College, Philadelphia.

Sibilia, P., (1996), *Guide to Material Characterization and Chemical Analysis, 2nd Edition*, John Willey-VCH, New York.

Sopiana. 2011. Modifikasi Bentonit Alam Fe Sebagai Katalis Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Kapuk. Skripsi. Universitas Pendidikan Indonesia

Terigar, B.G. (2009). *Advanced Microwave Technology For Biodiesel Feedstock Processing (Thesis)*. Aurel Vlaicu University of Arad,Romania.

Utami, I., Solikhah, R., Istadi I. 2012. Sintesa Katalis Super Asam SO_4^{2-}/Zn untuk Produksi Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1): 69-78.

Utomo, A. S. 2011. *Preparasi NaOH/Zeolit sebagai Katalis Heterogen untuk Sintesis Biodiesel dari Minyak Goreng Secara Transesterifikasi*. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Yan S.,Mohan S.,DiMaggio C.,Kim M., Simon Ng K.Y., Salley S.O.(2009) "Long Term Activity Of Modified ZnO Nanoparticles for Transesterification", 89 (3): 2844 - 2852

Zappi, M. H., M. Spak. D H., J Brough M. 2003. *A Review of the Engineering Aspects of the Biodiesel Industry*. MSU Environmental Techology Research and Applications Laboratory Dave C Swalm School of Chemical Engineering Missisipi State University.

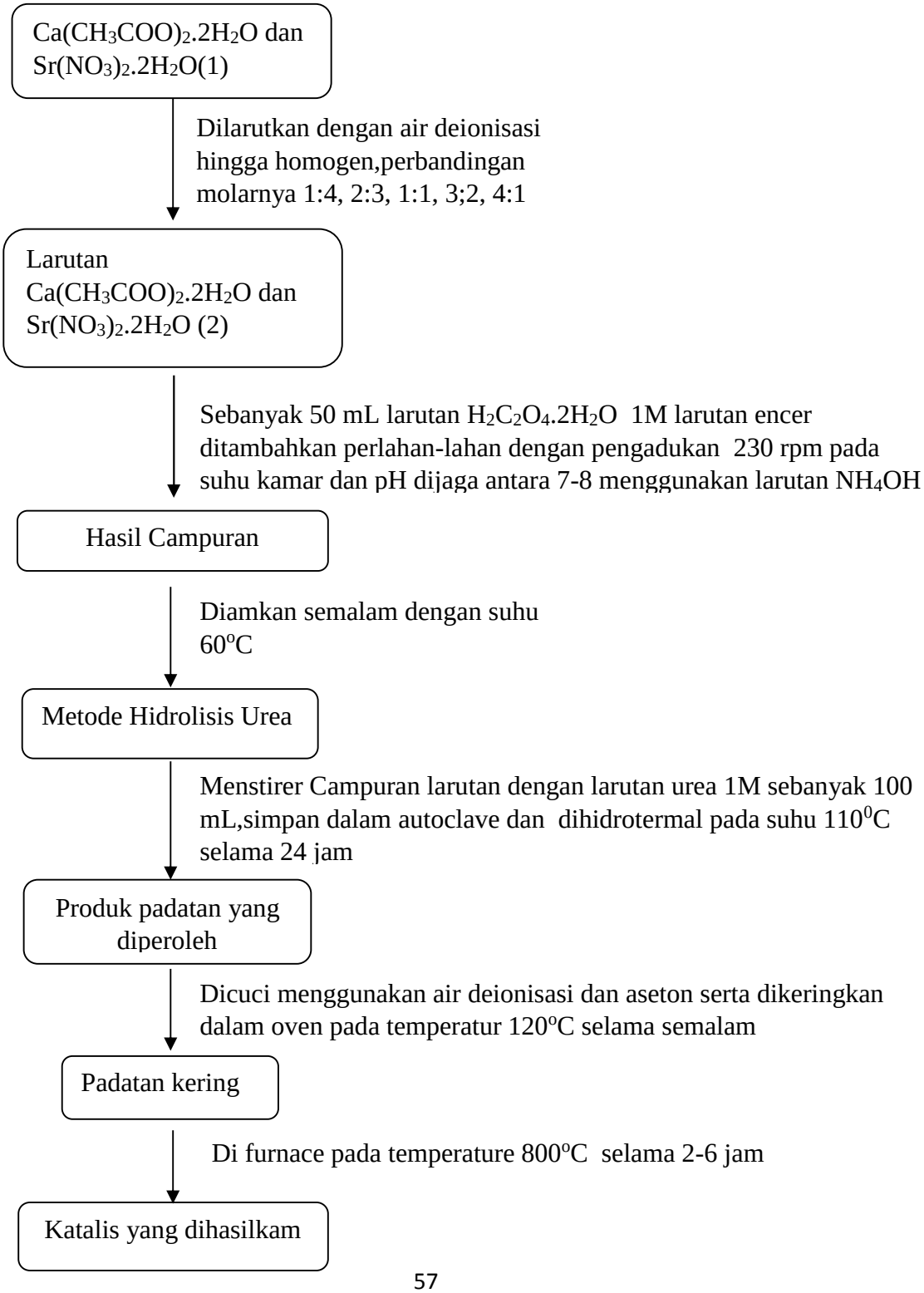
Zabeti, M., Daud, W.M.A., Aroua, M.K. *Activity of Solid Catalysts for Biodiesel Production*. Fuel Processing Technology Journal. Elsevier Ltd.

Zahriyah, S. 2009. *Esterifkasi Asam Lemak Bebas dalam Minyak Jelantah dengan Katalis TiO_2/Montmorillonit dan Pengaruhnya terhadap Biodiesel yang Dihasilkan.* Skripsi. Surakarta: FMIPA Universitas Sebelas Maret.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Skema Kerja Sintesis Katalis



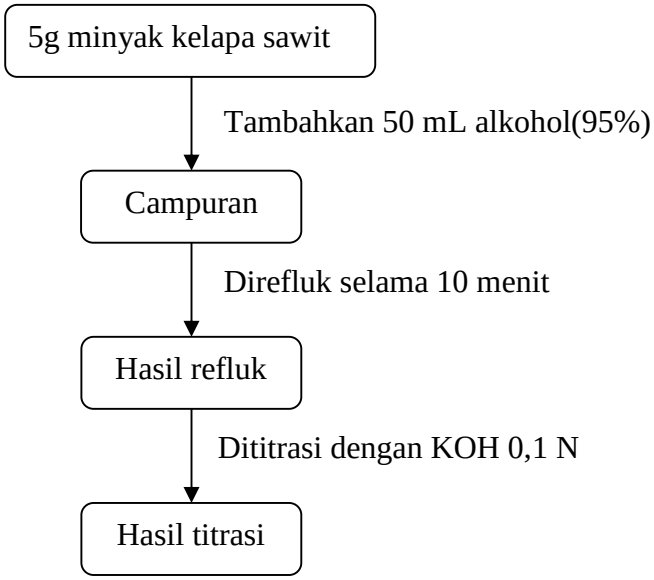
Katalis yang dihasilkam

↓ Di karakterisasi menggunakan FTIR,BET,daan XRD

Hasil karakterisasi

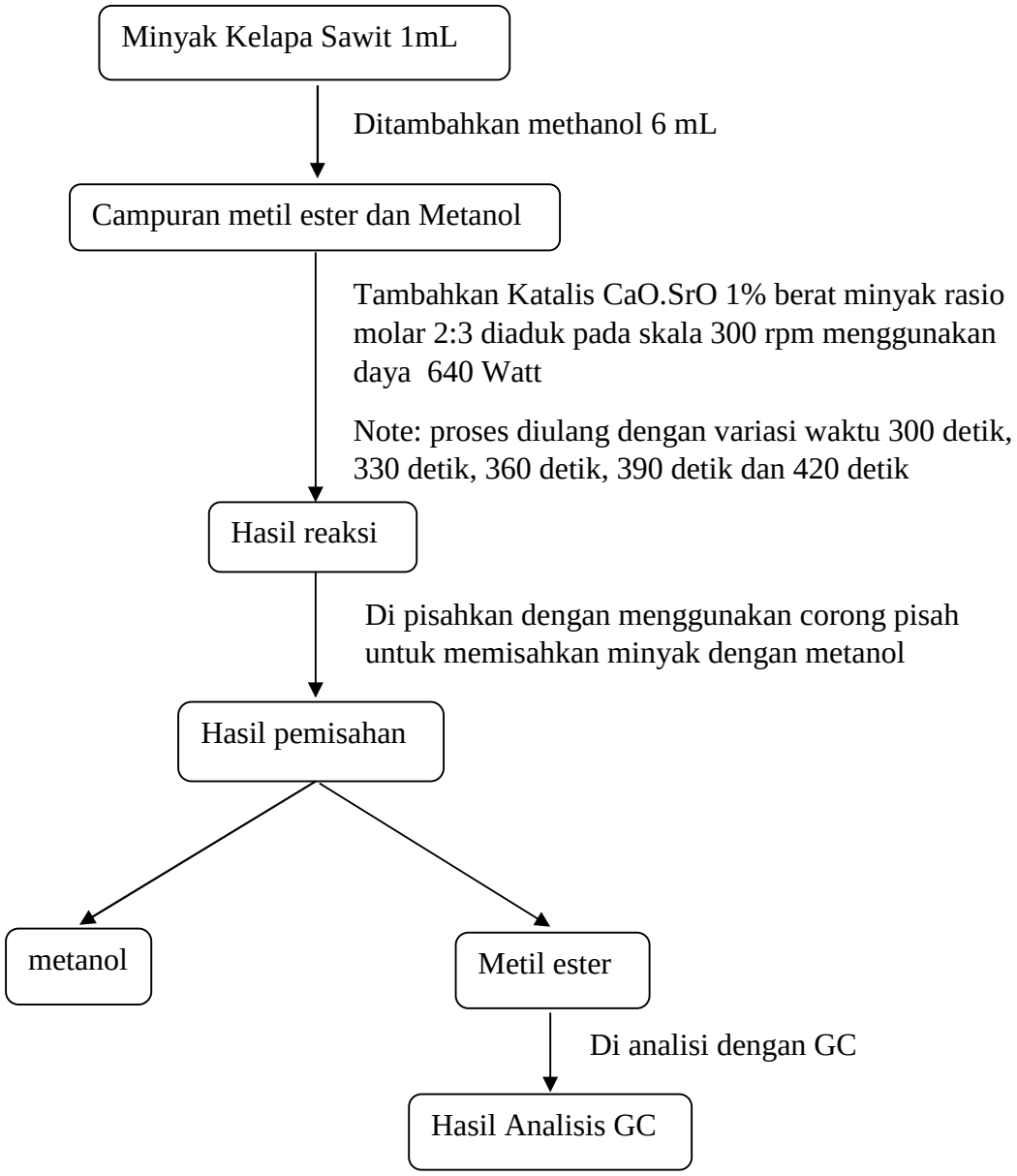
Lampiran 2

Penentuan angka Asam pada minyak kelapa sawit



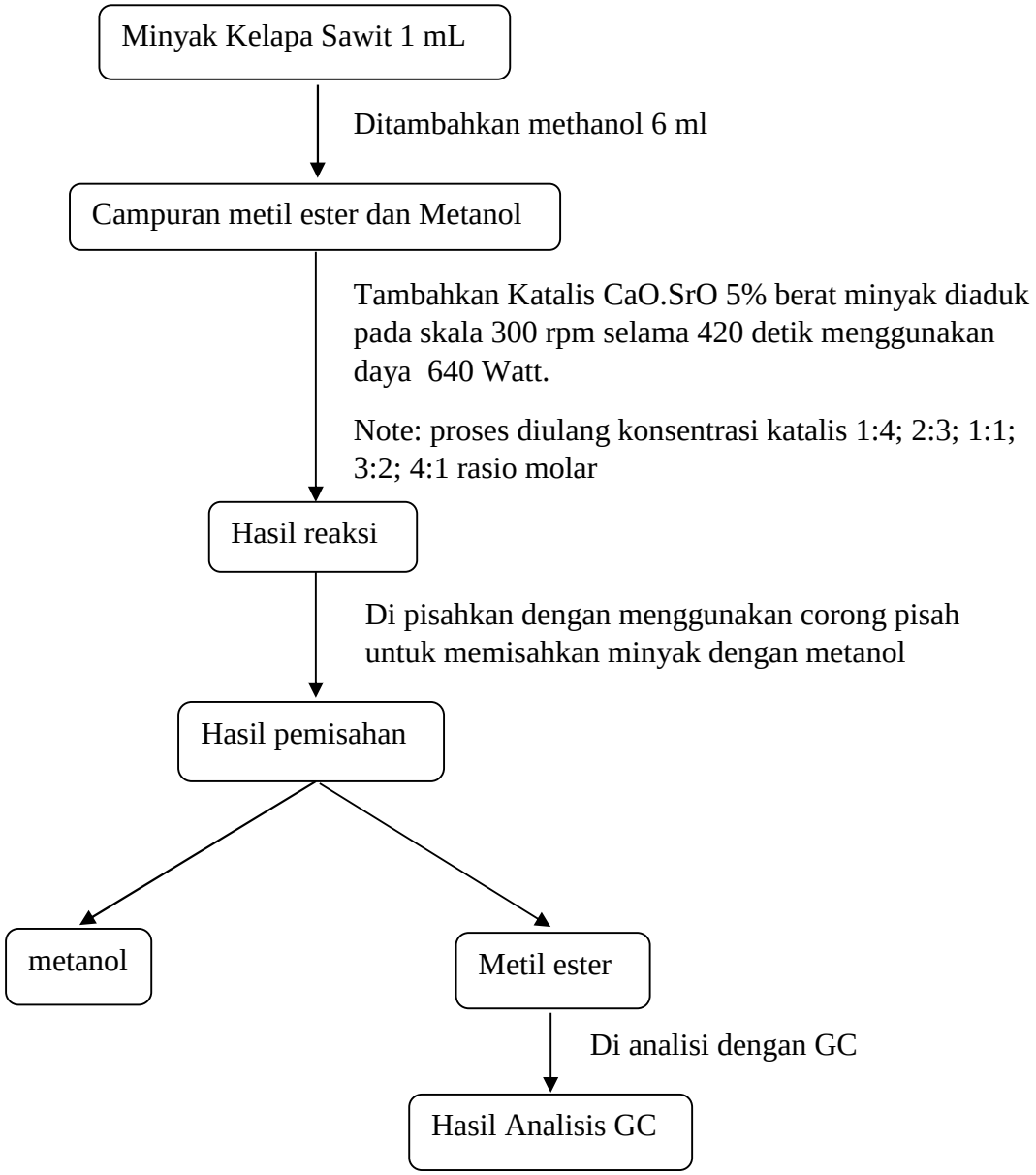
Lampiran 3

Transesterifikasi variasi waktu reaksi



Lampiran 4

Transesterifikasi variasi konsentrasi CaO.SrO



Lampiran 5

Perhitungan Penentuan Angka Asam

a. Standarisasi NaOH

N asam oksalat = 0,1 N

V asam oksalat = 10 ml

Volume NaOH = V_1 = 9,7 ml

V_2 = 9,8 ml

N x V asam = N x V basa

0,1 N x 10 ml = N x 9,75 ml

N NaOH = 0,1025 N

b. Titrasi Penentuan Angka asam MKS

V NaOH yang dibutuhkan = V_1 =

V_2 =

Angka asam (mgNaOH/g) $= \frac{\text{Mr NaOH x V NaOH x N NaOH}}{\text{gr minyak}}$

$= \frac{40 \times 2{,}025 \times 0{,}1025}{5{,}0195}$

= 1,6540 mgNaOH/g

Lampiran 6

Perhitungan Densitas

a. Perhitungan Densitas Minyak Kelapa Sawit (MKS)

Massa piknometer kosong (W_1) = 16,8525 gram

Massa piknometer + Minyak (W_2) = 40,1786 gram

Volume minyak (V) = 25 ml

$$\rho = \frac{W2 - W1}{V}$$

$$\rho = \frac{40,1786 - 16,8525}{25}$$

ρ = 0,933044 gr/ml

b. Perhitungan Densitas Biodiesel

Massa piknometer kosong (W_1) = 16,8465 gram

Massa piknometer + Minyak (W_2) = 38,4415 gram

Volume minyak (V) = 25 ml

$$\rho = \frac{W2 - W1}{V}$$

$$\rho = \frac{38,4415 - 16,8465}{25}$$

ρ = 0,8678 gr/ml

Lampiran 7

Perhitungan Viskositas Kinematis

Data waktu alir menggunakan Visometer Oswald

Sampel	Densitas (gr/ml)	Waktu Alir (detik)		
		t_1	t_2	t_3
Aquades	1,0	1,64	1,59	1,53
MKS	0,933044	62,94	63,27	63,47
Biodiesel	0,8678	10,76	11,28	11,43

a. Viskositas Kinematis air

η air pada 20 ˚C = 1,009 cp

$$\upsilon = \frac{\eta}{\rho}$$

$$= \frac{1{,}009}{1}$$

= 1,009 cSt

b. Viskositas Minyak Kelapa Sawit

$$\frac{\upsilon\ MGB}{\upsilon\ air} = \frac{t\ MGB}{t\ air}$$

$$\frac{\upsilon\ MGB}{1{,}009} = \frac{63{,}7957}{1{,}5867}$$

$$\upsilon = 40{,}206\ cSt$$

c. Viskositas Biodiesel

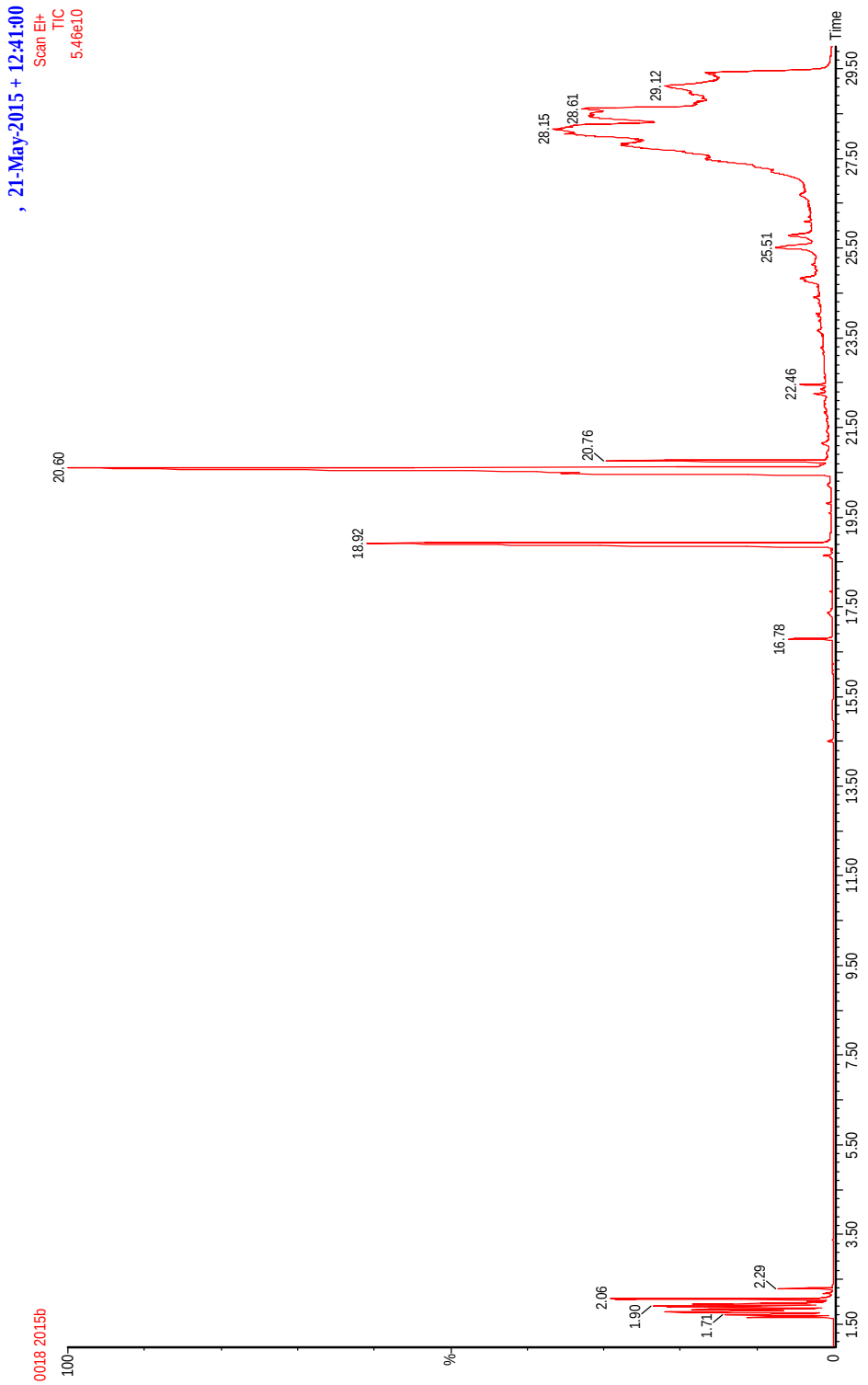
$$\frac{\upsilon\ Biodiesel}{\upsilon\ air} = \frac{t\ Biodiesel}{t\ air}$$

$$\frac{\upsilon\ Biodiesel}{1{,}009} = \frac{11{,}1567}{1{,}5867}$$

$$\upsilon = 7{,}0313\ cSt$$

Lampiran 8

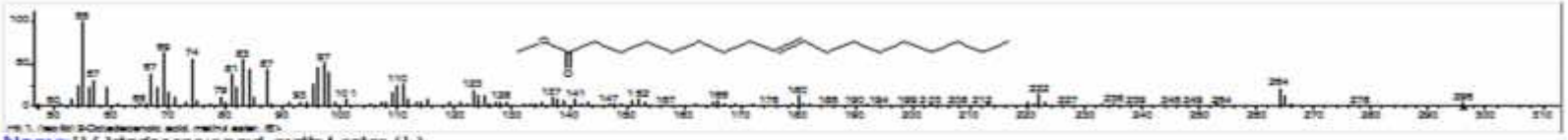
Hasil Analisis *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GCMS) Biodisel



IT	FT	RT	Area	Height	Konsentrasi (%)	Komponen
1.744	1.799	1.769	307428352	9787786240	0.93	-
1.864	1.919	1.899	385741152	11726031872	1.17	-
2.024	2.124	2.064	439995264	15496403968	1.33	-
18.801	**19.101**	**18.921**	**2201929728**	**33080655872**	**6.67**	**Hexadecanoic acid, methyl ester**
20.436	**20.641**	**20.601**	**4848768512**	**53355728896**	**14.68**	**9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-**
20.696	20.826	20.761	453467584	15646664704	1.37	-
26.999	**28.319**	**28.149**	**12120066048**	**18533773312**	**36.69**	**Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester**
28.319	**28.815**	**28.615**	**6479884288**	**16841945088**	**19.62**	**Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester**
28.815	**29.58**	**29.12**	**5795964416**	**11252491264**	**17.55**	**Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester**

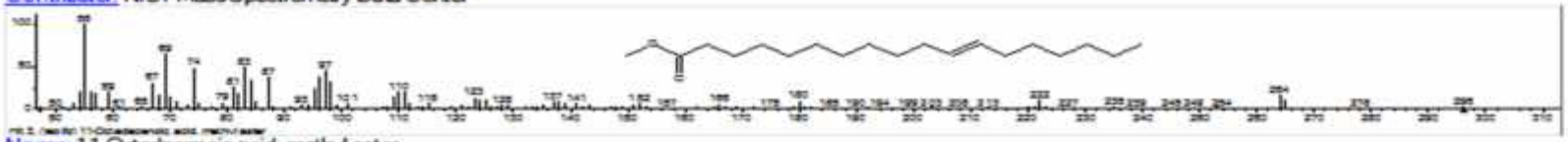
SPEKTRUM HASIL ANALISA GC-MSBIODIESEL KELAPA SAWIT

Spectrum pada RT = 20.601menit

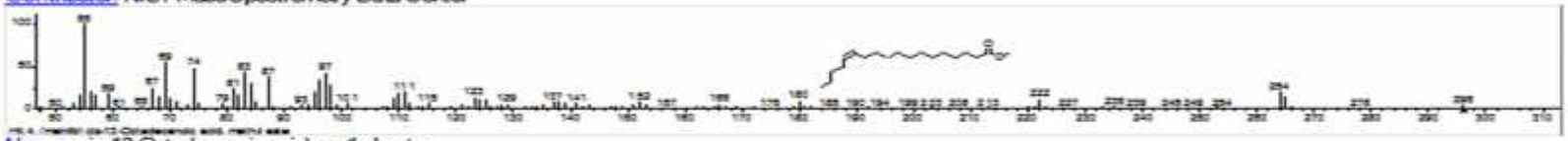


Name: 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-
Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center

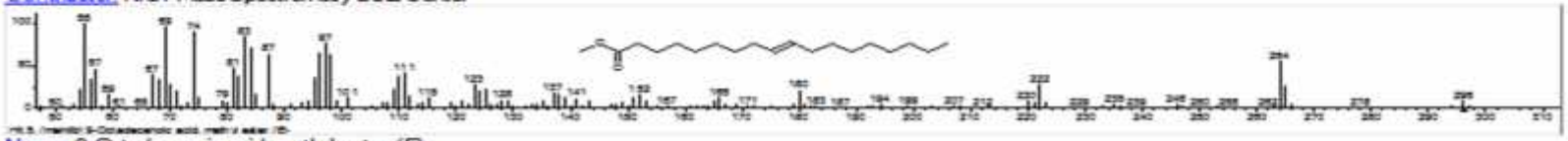
Name: 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester
Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



Name: 11-Octadecenoic acid, methyl ester
Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



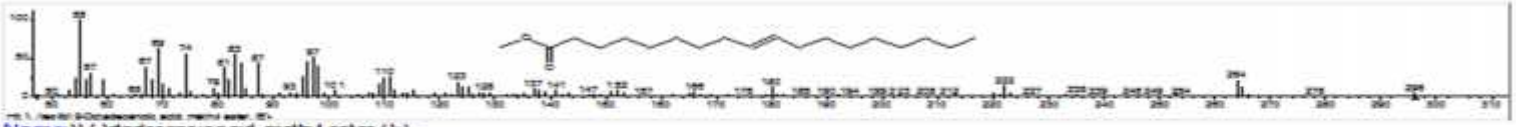
Name: cis-13-Octadecenoic acid, methyl ester
Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



Name: 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-
Contributor: Japan AIST/NIMC Database- Spectrum MS-IW-4103

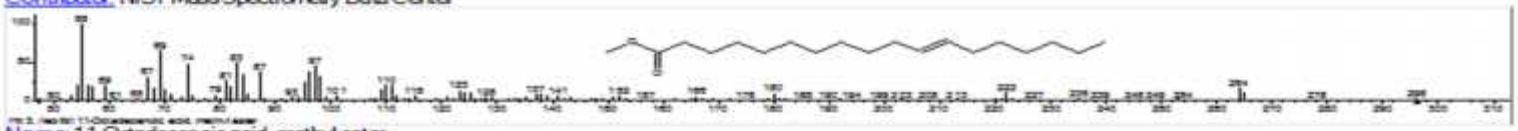
SPEKTRUM HASIL ANALISA GC-MSBIODIESEL KELAPA SAWIT

Spectrum pada RT = 20.601menit

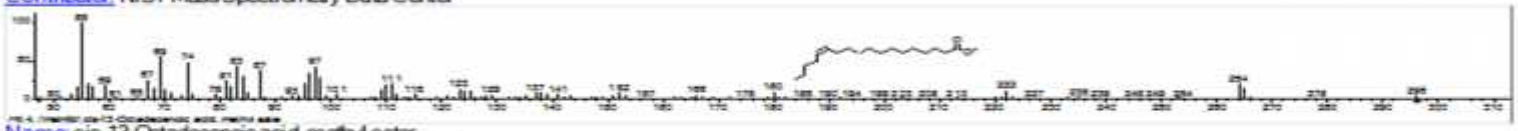


Name: 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-
Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center

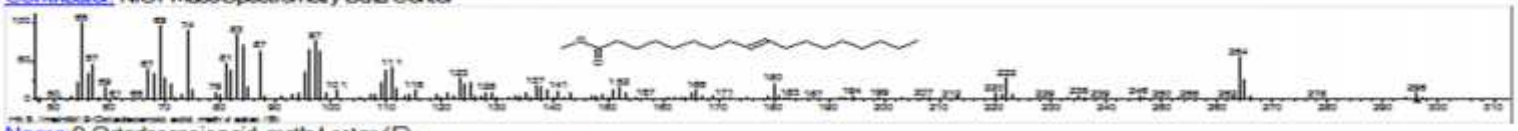
Name: 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester
Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



Name: 11-Octadecenoic acid, methyl ester
Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



Name: cis-13-Octadecenoic acid, methyl ester
Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



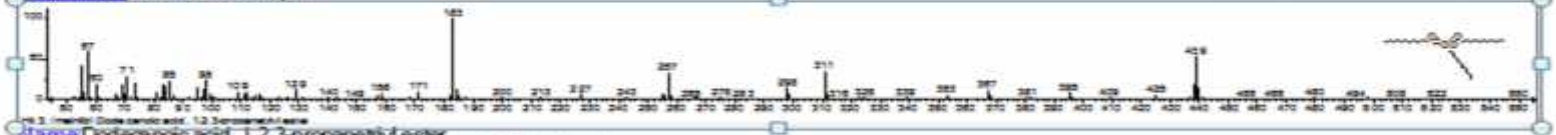
Name: 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-
Contributor: Japan AIST/NIMC Database-Spectrum MS-IW-4103

SPEKTRUM HASIL ANALISA GC-MSBIODIESEL KELAPA SAWIT

Spectrum pada RT = 28.149menit

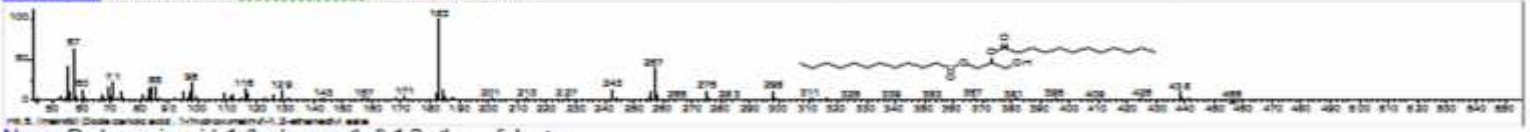
Name: Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester
Contributor: R.T. HOLMAN UNIVERSITY OF MINNESOTA

Name: Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester
Contributor: Chemical Concepts



Name: Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester
Contributor: Japan AIST/NIMC Database- Spectrum MS-NW-8268

Name: 3,5,9-Trioxa-4-phosphaheneicosan-1-aminium, 4-hydroxy-N,N,N-trimethyl-10-oxo-7-[(1-oxododecyl)oxy]-, hydroxide, inner salt, 4-oxide, (R)-
Comment: R.T. HOLMAN UNIVERSITY OF MINNESOTA



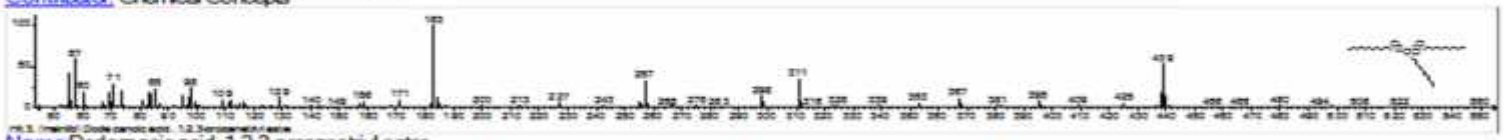
Name: Dodecanoic acid, 1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl ester
Contributor: Chemical Concepts

SPEKTRUM HASIL ANALISA GC-MSBIODIESEL KELAPA SAWIT

Spectrum pada R.T = 28.615menit

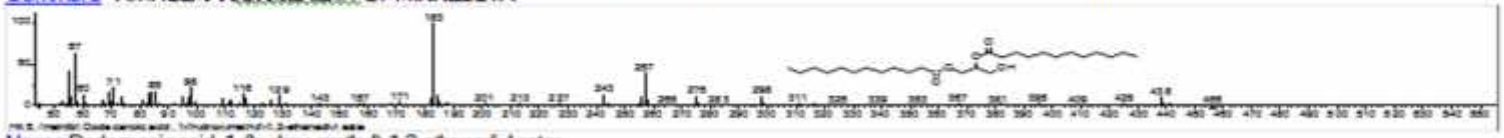
Name: Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester
Contributor: R.T. HOLMAN,UNIVERSITY OF MINNESOTA

Name: Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester
Contributor: Chemical Concepts



Name: Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester
Contributor: Japan AIST/NIMC Database- Spectrum MS-NW-8268

Name: 3,5,9-Trioxa-4-phosphaheneicosan-1-aminium, 4-hydroxy-N,N,N-trimethyl-10-oxo-7-[(1-oxododecyl)oxy]-, hydroxide, inner salt, 4-oxide, (R)-
Comment: R.T. HOLMAN,UNIVERSITY OF MINNESOTA



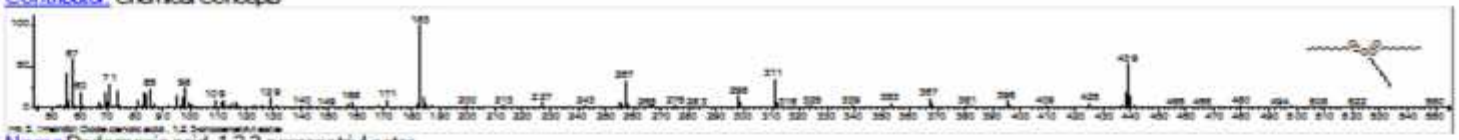
Name: Dodecanoic acid, 1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl ester
Contributor: Chemical Concepts

SPEKTRUM HASIL ANALISA GC-MSBIODIESEL KELAPA SAWIT

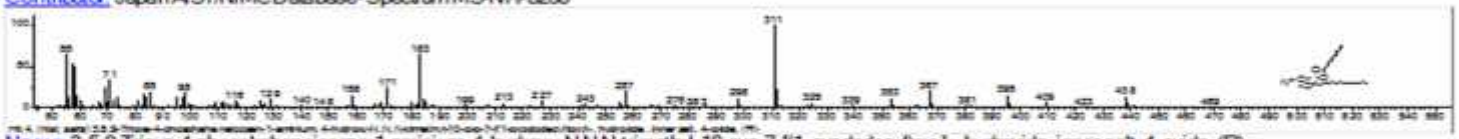
Spectrum pada RT = 29.12menit

Name:Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester
Contributor: R.T.HOLMAN,UNIVERSITY OF MINNESOTA

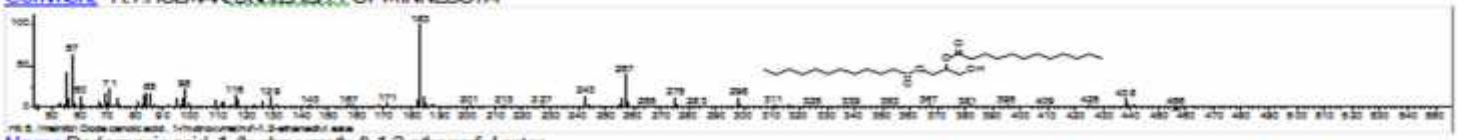
Name:Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester
Contributor: Chemical Concepts



Name:Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester
Contributor: Japan AIST/NIMC Database- Spectrum MS-NW-8268



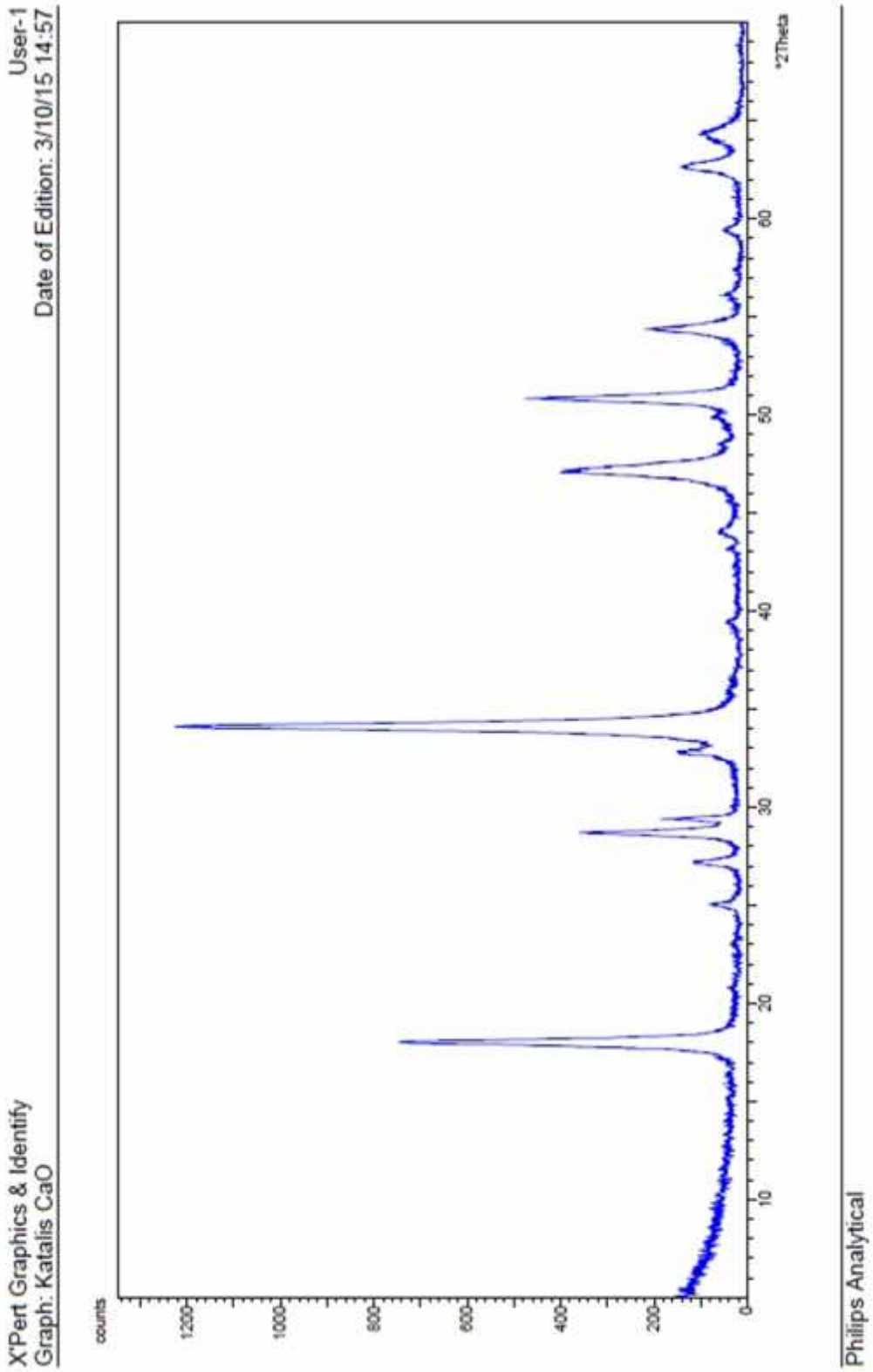
Name: 3,5,9-Trioxa-4-phosphaheneicosan-1-aminium, 4-hydroxy-N,N,N-trimethyl-10-oxo-7-[(1-oxododecyl)oxy]-, hydroxide, inner salt, 4-oxide, (R)-
Comment: R.T.HOLMAN,UNIVERSITY OF MINNESOTA



Name:Dodecanoic acid, 1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl ester
Contributor: Chemical Concepts

Lampiran 9

Hasil Analisis Difraktometer Sinar-X(XRD) Katalis CaO



X'Pert Graphics & Identify
(searched) peak list: Katalis CaO

User-1
Date: 3/10/15 14:57

Description:
24 Maret 2015

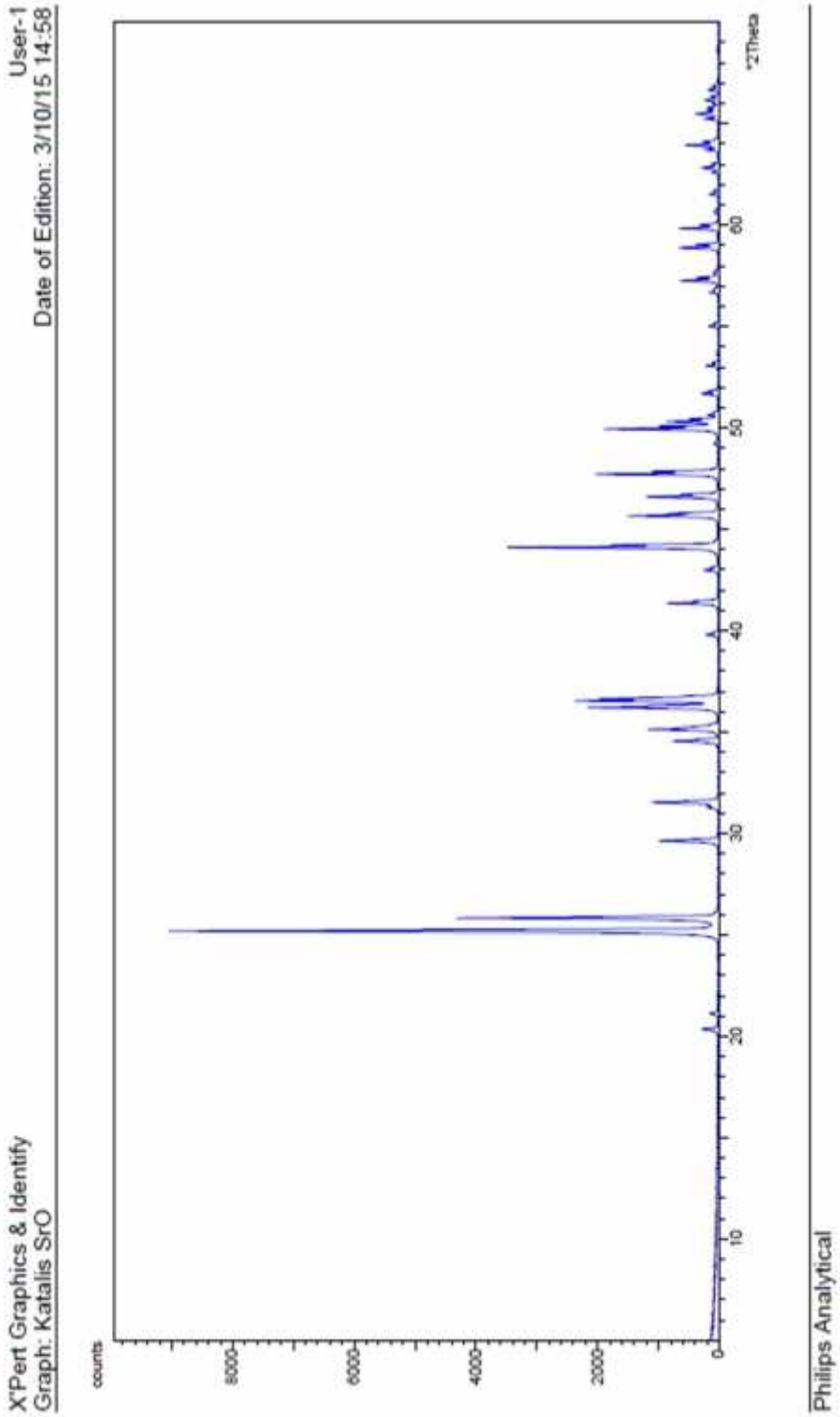
Original scan:	Katalis CaO
Scan created:	1/1/90 00:40
Description of scan:	
24 Maret 2015	
Used wavelength:	K-Alpha
Wavelength (Å):	1.54056
Peak search parameter set:	**As Measured Intensities**
Set created:	10/15/10 03:58
Peak positions defined by:	Minimum of 2nd derivative
Minimum peak tip width (°2Theta):	0.00
Maximum peak tip width (°2Theta):	1.00
Peak base width (°2Theta):	2.00
Minimum significance:	0.60

d-spacing (Å)	Relative Intensity (%)	Angle (°2Theta)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width (°2Theta)	Significance
4.93274	56.87	17.96775	667.12	31.83	0.08000	0.88
4.90273	57.89	18.07867	679.18	31.51	0.10000	1.21
4.26210	0.70	20.82430	8.21	23.74	0.64000	0.80
3.85037	0.79	23.08020	9.25	19.79	0.24000	0.75
3.55510	4.70	25.02691	55.19	18.69	0.20000	2.22
3.28119	7.77	27.15455	91.17	19.96	0.10000	0.72

d-spacing (A)	Relative Intensity (%)	Angle (°2Theta)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width (°2Theta)	Significance
3.10720	28.85	28.70675	338.42	21.62	0.18000	5.73
3.03475	13.86	29.40738	162.54	22.37	0.08000	0.93
2.72973	9.41	32.78090	110.35	25.55	0.20000	2.11
2.62880	100.00	34.07719	1173.12	23.75	0.10000	1.40
2.62409	99.50	34.14023	1167.30	23.66	0.08000	0.71
2.49870	1.71	35.91024	20.02	21.21	0.24000	0.99
2.28288	2.16	39.43912	25.36	18.75	0.20000	1.09
2.09261	0.97	43.19631	11.36	23.44	0.24000	0.69
2.05358	2.83	44.05988	33.23	25.11	0.32000	1.61
1.92633	28.72	47.14001	336.93	28.78	0.44000	12.98
1.82655	4.41	49.88549	51.78	24.71	0.16000	0.60
1.79479	35.64	50.83048	418.10	23.31	0.24000	7.52
1.68600	15.59	54.37032	182.89	19.28	0.32000	6.26
1.63640	1.88	56.16176	22.10	17.94	0.20000	0.95
1.55447	2.68	59.40867	31.45	15.70	0.20000	0.87
1.48175	9.69	62.64358	113.72	18.84	0.24000	1.64
1.44650	6.49	64.35094	76.19	17.67	0.28000	1.61

Lampiran 10

Hasil Analisis Difraktometer Sinar-X(XRD) SrO



X'Pert Graphics & Identify User-1
(searched) peak list: Katalis SrO **Date: 3/10/15 14:59**

Description:
24 Maret 2015

Original scan:	Katalis SrO
Scan created:	1/1/90 01:39
Description of scan:	
24 Maret 2015	
Used wavelength:	K-Alpha
Wavelength (Å):	1.54056
Peak search parameter set:	**As Measured Intensities**
Set created:	10/15/10 03:58
Peak positions defined by:	Minimum of 2nd derivative
Minimum peak tip width (°2Theta):	0.00
Maximum peak tip width (°2Theta):	1.00
Peak base width (°2Theta):	2.00
Minimum significance:	0.60

d-spacing (Å)	Relative Intensity (%)	Angle (°2Theta)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width (°2Theta)	Significance
6.58001	0.11	13.44533	9.97	38.54	0.04000	0.60
4.89405	0.31	18.11099	28.54	24.93	0.06000	0.67
4.35826	2.86	20.35991	264.30	21.78	0.10000	5.13
4.19950	1.45	21.13827	133.75	21.11	0.10000	3.08
3.53074	100.00	25.20246	9251.47	19.32	0.12000	44.99
3.44547	47.18	25.83681	4364.69	19.02	0.12000	28.87

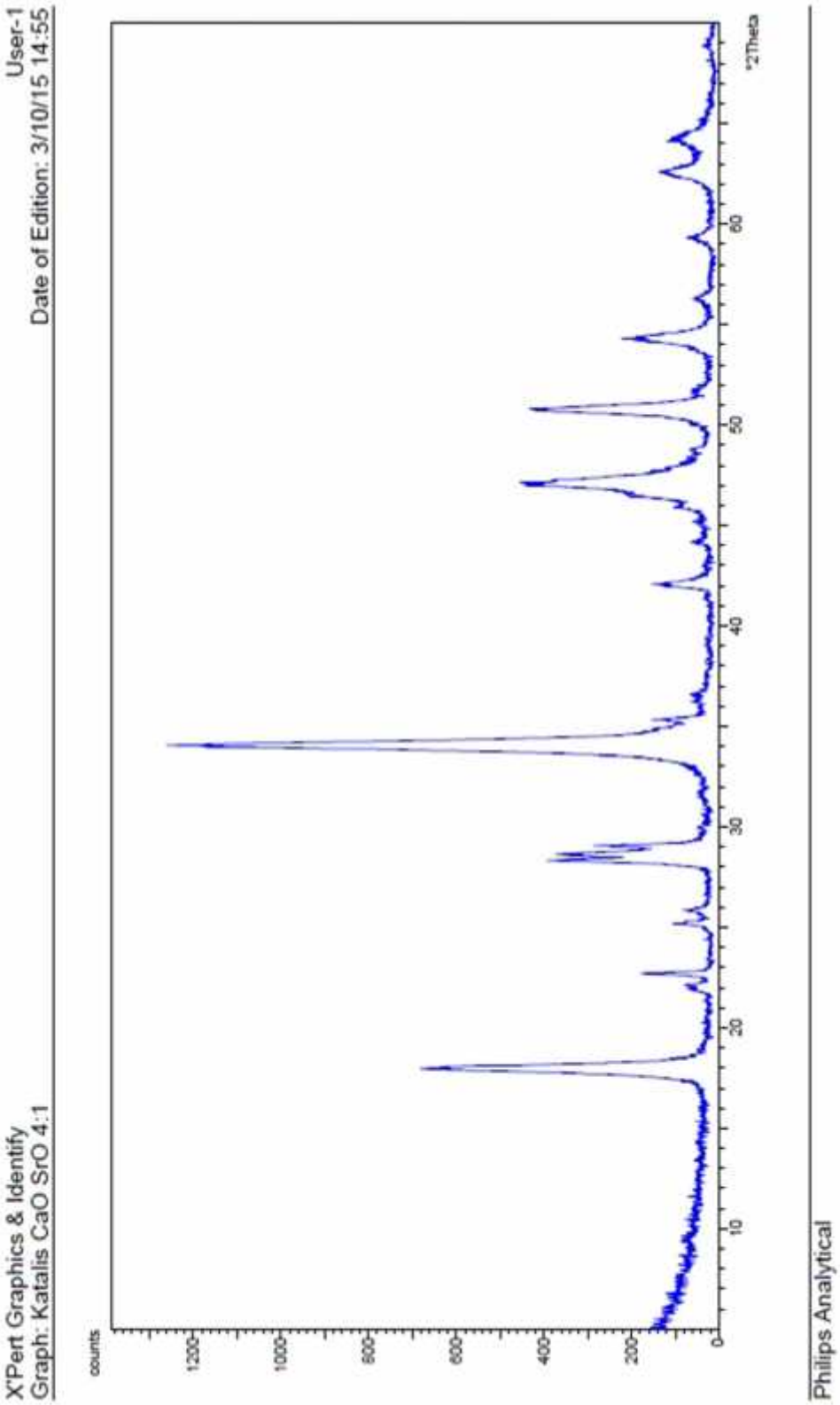
d-spacing (Å)	Relative Intensity (%)	Angle (°2Theta)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width (°2Theta)	Significance
3.01109	10.45	29.64370	966.57	17.10	0.12000	12.22
2.85539	1.89	31.30042	174.57	16.91	0.08000	1.67
2.83464	11.55	31.53544	1068.44	16.90	0.10000	9.38
2.82638	5.00	31.63000	462.72	16.89	0.04000	2.11
2.59315	7.85	34.56033	726.17	16.74	0.08000	4.43
2.58664	3.80	34.65000	351.90	16.74	0.04000	1.49
2.55181	12.77	35.13825	1181.26	16.71	0.08000	6.17
2.54333	5.31	35.25925	491.42	16.71	0.06000	1.25
2.53285	1.13	35.41000	104.30	16.70	0.04000	0.66
2.47815	23.84	36.21832	2205.61	16.66	0.08000	8.15
2.45641	25.46	36.55013	2355.41	16.64	0.06000	3.79
2.44866	18.80	36.67000	1738.98	16.63	0.04000	0.77
2.44095	5.24	36.79000	485.13	16.63	0.04000	3.14
2.26305	2.17	39.79907	200.63	17.17	0.06000	1.12
2.18156	9.00	41.35257	832.65	16.96	0.06000	2.59
2.17565	4.01	41.47000	371.15	16.94	0.04000	6.52
2.10200	2.33	42.99377	215.84	16.73	0.06000	1.25
2.09632	1.43	43.11606	132.55	16.71	0.06000	0.65
2.05133	37.51	44.11082	3469.94	16.58	0.06000	5.78
2.04635	19.11	44.22379	1767.72	16.56	0.06000	4.12
1.98485	16.09	45.67007	1488.99	16.37	0.06000	3.17
1.98013	8.65	45.78509	800.25	16.35	0.06000	2.38
1.94732	13.08	46.60161	1210.41	16.24	0.06000	3.23
1.94252	6.62	46.72355	612.90	16.22	0.06000	2.17
1.90403	21.83	47.72627	2019.17	16.09	0.06000	4.47
1.89935	11.83	47.85122	1094.48	16.07	0.06000	3.11
1.84990	0.82	49.21374	75.74	15.88	0.08000	1.31
1.82426	20.33	49.95261	1881.11	15.78	0.08000	9.69

d-spacing (Å)	Relative Intensity (%)	Angle (°2Theta)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width (°2Theta)	Significance
1.81974	10.60	50.08509	980.78	15.76	0.04000	0.87
1.81211	9.18	50.31066	849.10	15.73	0.08000	5.99
1.80774	5.13	50.44076	474.17	15.72	0.04000	16.74
1.80107	1.93	50.64059	178.25	15.69	0.06000	0.87
1.79685	0.87	50.76794	80.53	15.67	0.06000	0.63
1.76718	2.98	51.68272	275.39	15.55	0.08000	3.13
1.76278	1.61	51.82135	148.79	15.53	0.04000	6.34
1.72403	2.31	53.07588	213.92	15.36	0.08000	3.38
1.71961	1.11	53.22303	102.27	15.34	0.06000	0.85
1.70787	0.29	53.61815	26.54	15.28	0.06000	1.57
1.66793	1.69	55.00897	156.06	15.13	0.08000	3.10
1.66387	0.91	55.15469	84.29	15.12	0.06000	0.81
1.62274	1.64	56.67696	151.96	15.02	0.06000	1.02
1.61924	0.94	56.81061	87.05	15.02	0.06000	1.09
1.60746	6.83	57.26509	632.17	14.99	0.06000	2.04
1.60353	3.79	57.41857	350.53	14.98	0.06000	1.69
1.59759	0.76	57.65205	70.01	14.96	0.08000	0.98
1.59374	0.49	57.80433	45.72	14.95	0.04000	0.86
1.56696	6.90	58.88842	638.45	14.88	0.08000	5.87
1.56316	3.95	59.04557	365.02	14.88	0.06000	1.64
1.54417	6.93	59.84530	640.84	14.82	0.06000	2.61
1.54032	3.27	60.01036	302.15	14.81	0.06000	1.64
1.52603	0.55	60.63111	50.98	14.78	0.08000	1.46
1.52234	0.49	60.79347	45.00	14.77	0.06000	0.97
1.50606	1.52	61.52120	140.57	14.72	0.06000	1.29
1.50225	0.95	61.69447	88.10	14.71	0.06000	0.92
1.48254	1.23	62.60650	113.95	14.65	0.06000	0.76
1.47782	3.08	62.82940	284.67	14.64	0.08000	3.19

d-spacing (Å)	Relative Intensity (%)	Angle (°2Theta)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width (°2Theta)	Significance
1.47400	1.32	63.01051	121.96	14.63	0.06000	1.02
1.45919	2.56	63.72503	237.26	14.58	0.06000	1.34
1.45484	5.04	63.93801	466.32	14.57	0.06000	2.31
1.45134	2.89	64.11058	267.55	14.56	0.08000	2.44
1.42884	2.63	65.24399	243.14	14.49	0.06000	1.51
1.42388	4.14	65.49978	382.85	14.47	0.12000	5.22
1.42026	2.23	65.68749	205.98	14.46	0.06000	1.22
1.41809	1.97	65.80074	182.48	14.45	0.04000	3.70
1.41453	1.05	65.98738	97.32	14.44	0.06000	0.62
1.41135	2.39	66.15540	220.69	14.43	0.08000	2.75
1.40781	1.46	66.34332	135.50	14.42	0.08000	2.23
1.40164	1.89	66.67294	174.99	14.40	0.08000	2.64
1.39830	1.16	66.85317	107.51	14.39	0.08000	1.68
1.36665	0.21	68.61409	19.17	14.51	0.12000	1.08

Lampiran 11

Hasil Analisis Difraktometer Sinar-X(XRD) Katalis CaO.SrO



X'Pert Graphics & Identify **User-1**
(searched) peak list: Katalis CaO SrO 4:1 **Date: 3/10/15 14:56**

Description:
23 Maret 2015

Original scan:	Katalis CaO SrO 4:1
Scan created:	1/1/90 01:03
Description of scan:	
23 Maret 2015	
Used wavelength:	K-Alpha
Wavelength (Å):	1.54056
Peak search parameter set:	**As Measured Intensities**
Set created:	10/15/10 03:58
Peak positions defined by:	Minimum of 2nd derivative
Minimum peak tip width (°2Theta):	0.00
Maximum peak tip width (°2Theta):	1.00
Peak base width (°2Theta):	2.00
Minimum significance:	0.60

d-spacing (Å)	Relative Intensity (%)	Angle (°2Theta)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width (°2Theta)	Significance
9.37363	1.29	9.42721	16.00	61.59	0.32000	0.66
4.92837	52.02	17.98385	646.14	33.12	0.16000	2.94
4.90282	46.51	18.07835	577.73	32.82	0.06000	0.73
4.06021	2.93	21.87220	36.39	22.13	0.12000	0.84
4.01273	4.49	22.13429	55.75	21.84	0.06000	0.80
3.91297	12.48	22.70599	155.05	21.20	0.12000	3.85

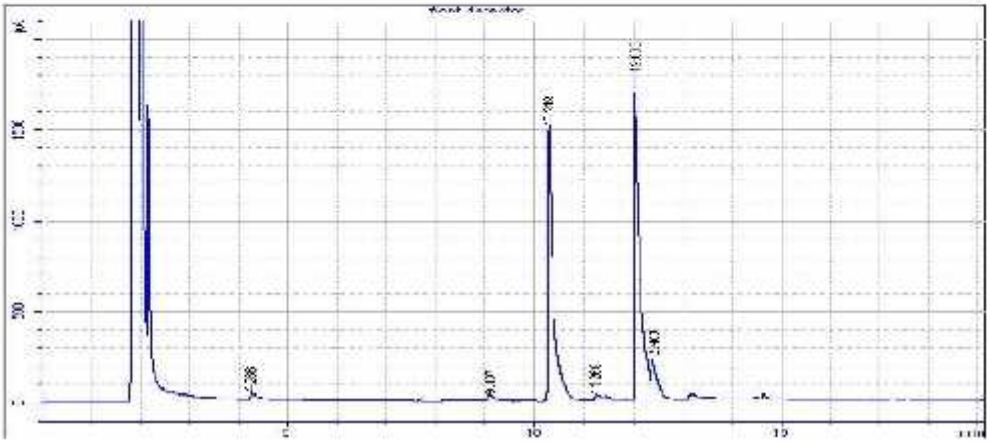
d-spacing (Å)	Relative Intensity (%)	Angle (°2Theta)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width (°2Theta)	Significance
3.53326	7.00	25.18414	86.97	19.38	0.06000	0.72
3.44394	4.42	25.84848	54.85	19.29	0.12000	2.62
3.14655	28.48	28.34020	353.69	18.97	0.08000	0.90
3.11485	28.76	28.63471	357.22	18.93	0.10000	0.97
3.07081	18.22	29.05434	226.33	18.88	0.10000	1.87
2.82893	1.80	31.60071	22.39	18.55	0.32000	0.65
2.74475	2.68	32.59649	33.30	18.43	0.12000	0.72
2.62983	100.00	34.06343	1242.08	18.24	0.06000	1.09
2.53702	8.83	35.34981	109.74	18.07	0.08000	1.06
2.45474	2.74	36.57590	34.04	17.91	0.24000	0.73
2.29618	0.51	39.20122	6.38	17.58	0.48000	0.91
2.14547	9.18	42.08071	114.04	17.21	0.32000	8.11
2.04901	2.55	44.16338	31.73	16.94	0.20000	1.33
2.00602	2.37	45.16140	29.41	16.81	0.24000	0.70
1.97392	6.32	45.93733	78.48	16.71	0.20000	1.45
1.95181	13.98	46.48813	173.67	16.64	0.20000	1.06
1.93137	33.83	47.00970	420.20	16.57	0.08000	0.61
1.86492	3.19	48.79156	39.65	16.35	0.14000	1.02
1.79679	31.20	50.76991	387.52	16.09	0.32000	9.87
1.76593	3.22	51.72194	39.95	15.97	0.28000	1.10
1.69037	13.31	54.21817	165.28	15.65	0.16000	0.88
1.68635	13.32	54.35831	165.50	15.63	0.12000	0.84
1.63246	2.94	56.30934	36.53	15.38	0.20000	1.14
1.55628	4.23	59.33273	52.58	16.37	0.24000	1.79
1.48287	8.78	62.59095	109.07	21.06	0.28000	2.58
1.44903	6.26	64.22516	77.74	24.03	0.48000	3.37
1.36216	1.22	68.87158	15.20	11.08	0.24000	0.66

Lampiran 12

Hasil Analisis Kromatografi Gas Metil Ester Pada Variasi Waktu Optimal

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name:	*Reprocessed: Sample 16
Sample note:	HI/KI P80 15MHNH
Submission time:	Tuesday, April 21, 2015 11:07:06 AM
Operator:	
Injection date:	Tuesday, April 21, 2015 11:19:15 AM
GC Description:	GC1 SN: CN10713006
Signal description:	FID1 A, front detector
Method:	FAME Methyl Esters
Method last saved:	Thursday, April 02, 2015 9:26:42 AM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	4.266	PB	0.105	246.36654	0.93063
1	9.107	PB	0.096	236.33407	0.89274
1	10.318	BB	0.088	10242.06191	38.68868
1	11.269	PB	0.196	451.48011	1.70546
1	12.033	BV	0.097	13731.60509	51.87019
1	12.405	VB	0.102	1565.16537	5.91230

Total Area = 26479.021

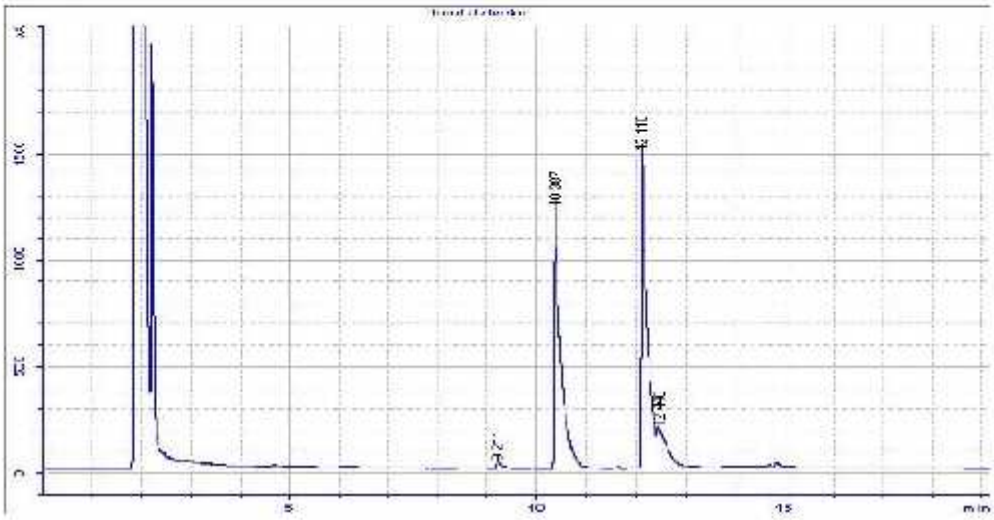
Report summary:
Warning(s): Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

Instrument run log:

No deviations found

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name:	*Reprocessed: Sample-15
Sample note:	rizki 80 5"30'
Submission time:	Thursday, April 02, 2015 0:29:16 AM
Operator:	
Injection date:	Thursday, April 02, 2015 0:30:51 AM
GC Description:	GC1 - SN: CN10713006
Signal description:	FID1 A, front detector
Method:	FAME Methyl Esters
Method last saved:	Thursday, April 02, 2015 9:26:42 AM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	9.211	PB	0.082	230.12327	0.92323
1	10.387	BB	0.109	10428.87135	41.83937
1	12.110	PV	0.105	11882.08709	47.66949
1	12.440	VB	0.157	2384.89487	9.56791

Total Area = 24925.977

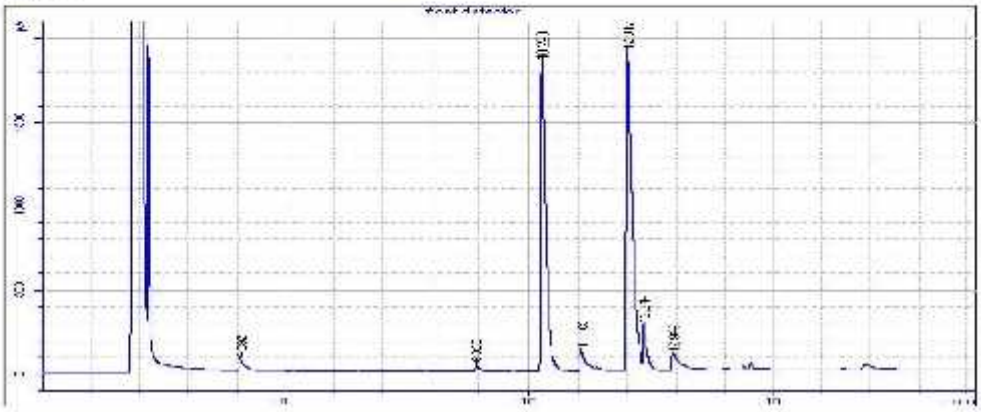
Report summary:
Warning(s). Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

Instrument run log:

No deviations found

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name:	*Reprocessed: Sample 17
Sample note:	RIZKI Pro TeMPNIT
Submission time:	Tuesday, April 21, 2015 11:19:40 AM
Operator:	
Injection date:	Tuesday, April 21, 2015 11:48:25 AM
GC Description:	GC1 SN: CN10713006
Signal description:	FID1 A, front detector
Method:	FAME Methyl Esters
Method last saved:	Thursday, April 02, 2015 9:26:42 AM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µl
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	4.092	PB	0.076	400.24998	1.46161
1	8.929	PB	0.058	234.45374	0.83939
1	10.290	BB	0.074	10471.05648	37.48833
1	11.105	PV	0.082	851.93548	3.05009
1	12.017	BV	0.095	13679.67960	48.97580
1	12.344	VB	0.072	1449.25913	5.18862
1	12.942	PB	0.100	836.87294	2.99616

Total Area = 27931.587

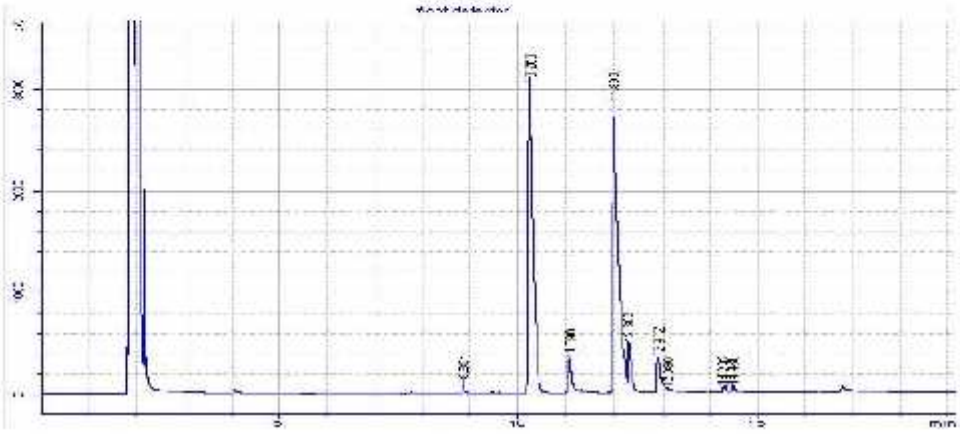
Report summary:
Warning(s): Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

Instrument run log:

No deviations found

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name:	*Reprocessed: Sample 16
Sample note:	RIZKI PRO T6MFNIT30DFT
Submission time:	Tuesday, April 21, 2015 11:19:44 AM
Operator:	
Injection date:	Tuesday, April 21, 2015 12:21:00 PM
GC Description:	GC1 SN: CN10713006
Signal description:	FID1 A, front detector
Method:	FAME Methyl Esters
Method last saved:	Thursday, April 23, 2015 1:11:54 PM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	8.851	PB	0.044	402.89807	0.87531
1	10.263	PP	0.077	16688.07176	36.09007
1	11.096	PV	0.076	1792.71382	3.89475
1	11.983	BV	0.103	22312.42198	48.47471
1	12.302	VB	0.062	2267.93703	4.92719
1	12.912	PV	0.068	1577.21756	3.42657
1	13.096	VB	0.088	275.92028	0.59915
1	14.292	PV	0.074	301.55759	0.65515
1	14.480	VP	0.052	210.25474	0.45679

Total Area = 46028.993

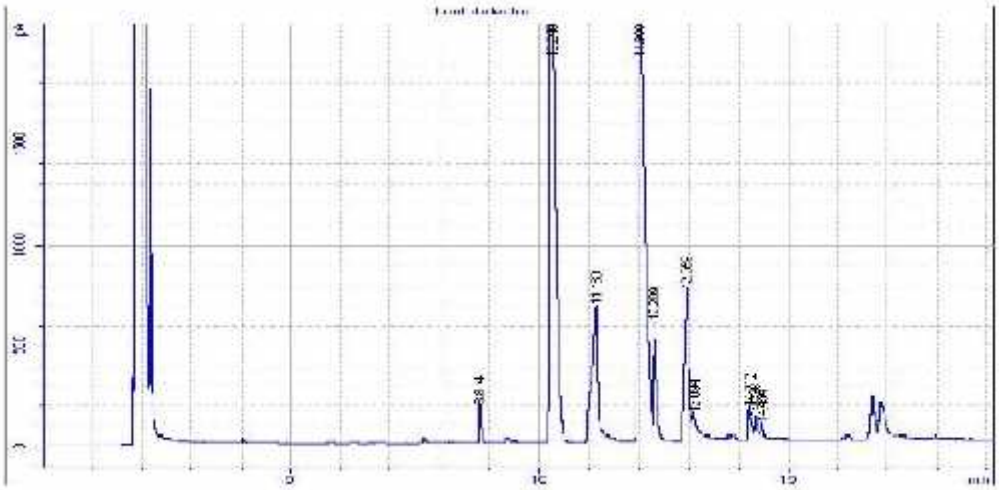
Report summary:
Warning(s): Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

Instrument run log:

No deviations found

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name:	*Reprocessed: Sample-19
Sample note:	DIZKI PRO T/MFNIT
Submission time:	Tuesday, April 21, 2015 11:19:45 AM
Operator:	
Injection date:	Tuesday, April 21, 2015 1:18:55 PM
GC Description:	GC1 SN: CN10713006
Signal description:	FID1 A, front detector
Method:	FAME Methyl Esters
Method last saved:	Thursday, April 02, 2015 9:26:42 AM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	8.514	PR	0.043	523.57259	0.80969
1	10.249	BV	0.074	20856.02010	32.25625
1	11.160	PE	0.106	5569.20323	8.61259
1	11.966	BV	0.102	29443.73154	43.90731
1	12.289	VP	0.064	2700.98323	4.17698
1	12.958	PV	0.084	4541.56592	7.02802
1	13.094	VR	0.078	726.64111	1.12373
1	14.212	PV	0.050	541.67584	0.83768
1	14.328	VV	0.061	476.23146	0.73967
1	14.454	VB	0.052	276.86844	0.42817

Total Area = 64663.193

Report summary:
Warning(s): Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

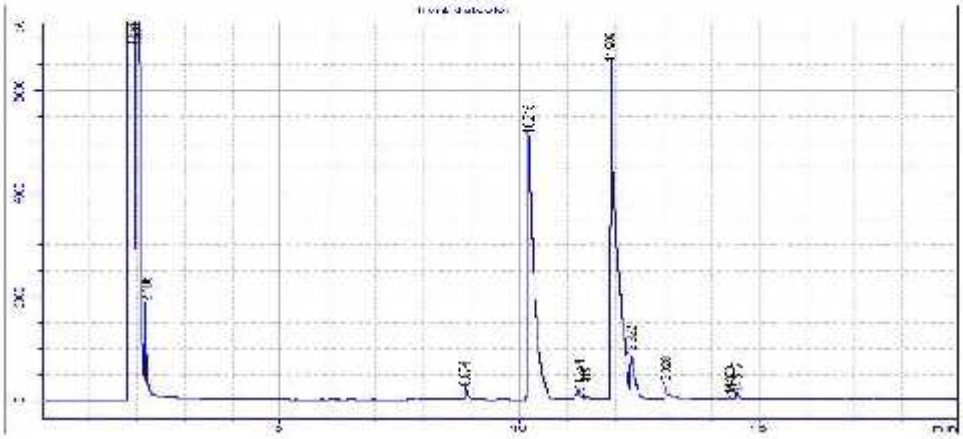
Instrument run log:

Lampiran 13

Hasil Analisis Kromatografi Gas Metil Ester pada Perbandingan Katalis Optimal

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name:	*Unprocessed: Sample-25
Sample note:	p80 7mnt 1:1
Submission time:	Tuesday, May 05, 2015 10:48:18 AM
Operator:	
Injection date:	Tuesday, May 05, 2015 11:33:40 AM
GC Description:	GC1 SN: CN10713006
Signal description:	HID1 A, front detector
Method:	FAMF Methyl Faters
Method last saved:	Wednesday, May 06, 2015 11:01:43 AM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	1.877	PV S	0.058	1299491.12176	78.72326
1	1.987	VV S	0.040	221590.62419	13.42396
1	2.186	VB S	0.051	5707.05640	0.34937
1	8.874	BB	0.060	1112.60930	0.06740
1	10.215	BB S	0.118	45015.96990	2.72707
1	11.254	PV	0.087	1218.33307	0.07369
1	11.416	VB	0.087	318.16247	0.01927
1	11.898	BB S	0.137	69776.34203	4.22706
1	12.322	BB T	0.089	4097.14549	0.24821
1	13.028	PB	0.090	1589.53069	0.09629
1	14.363	BV	0.054	238.93913	0.01447
1	14.517	VB	0.059	494.04841	0.02993

Total Area = 1650737.843

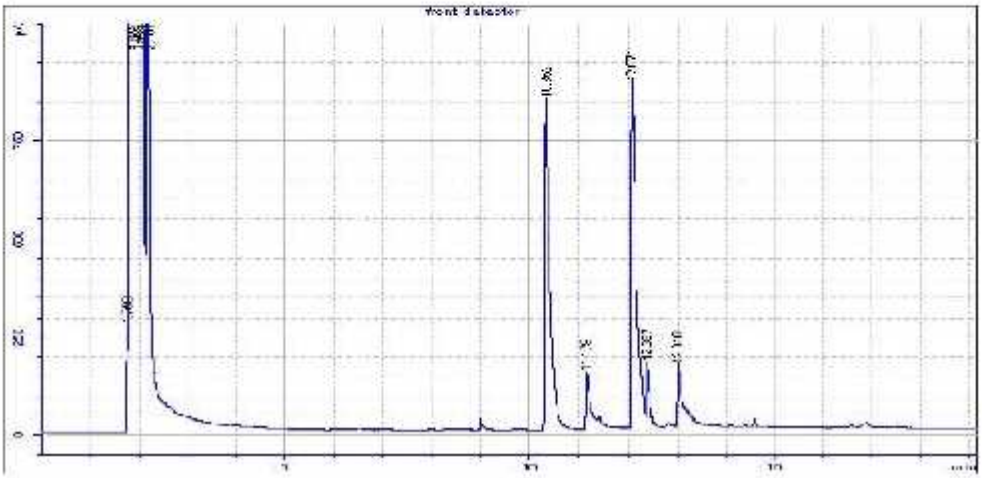
Report summary:
Warning(s): Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

Instrument run log:

No deviations found

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name:	*Reprocessed: Sample 24
Sample note:	p80-7min-1:4
Submission time:	Tuesday, May 05, 2015 10:48:16 AM
Operator:	
Injection date:	Tuesday, May 05, 2015 11:04:14 AM
GC Description:	GC1 SN: CN10713006
Signal description:	FID1 A, front detector
Method:	FAML Methyl Esters
Method last saved:	Wednesday, May 06, 2015 11:00:58 AM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	1.759	PV	0.026	462.15227	0.02613
1	1.872	VV S	0.078	1493344.96849	84.43567
1	1.982	VV S	0.040	253003.91470	14.30517
1	2.181	VB S	0.061	6975.88152	0.39443
1	10.352	BB	0.083	5249.07212	0.29684
1	11.178	PB	0.081	905.52166	0.05120
1	12.071	PV	0.100	6652.66734	0.37615
1	12.387	VB	0.066	803.69869	0.04544
1	13.010	VB	0.090	1219.85732	0.06897

Total Area = 1768610.604

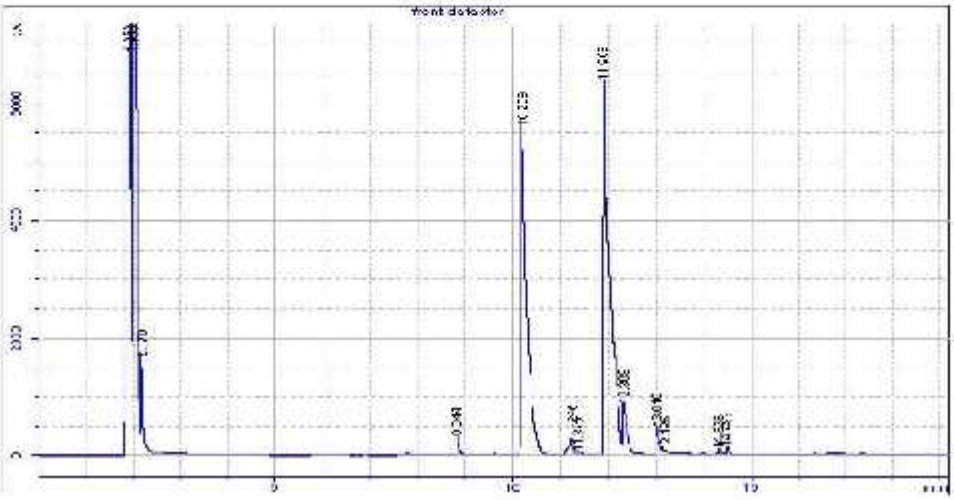
Report summary:
Warning(s): Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

Instrument run log:

no deviations found

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name:	*Reprocessed: Sample 26
Sample note:	p80-7mnt-3:2
Submission time:	Tuesday, May 05, 2015 10:48:19 AM
Operator:	
Injection date:	Tuesday, May 05, 2015 12:06:10 PM
CC Description:	CC1 - SN: CN10713006
Signal description:	FID1 A, front detector
Method:	FAME Methyl Esters
Method last saved:	Wednesday, May 06, 2015 11:02:08 AM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	1.872	PV S	0.052	997532.93601	76.74276
1	1.986	VV S	0.033	172243.27743	13.25112
1	2.176	VB S	0.048	4717.85613	0.36298
1	8.844	BE	0.049	1113.55324	0.08567
1	10.209	BB S	0.103	44717.16476	3.44021
1	11.246	PV	0.086	1771.57079	0.13629
1	11.375	VE	0.095	348.66638	0.02682
1	11.896	BB S	0.148	70060.40031	5.38993
1	12.308	BB T	0.090	4052.39075	0.31175
1	13.010	PV	0.069	2178.19893	0.16757
1	13.185	VE	0.079	348.64314	0.02682
1	14.328	BV	0.059	271.49470	0.02089
1	14.483	VB	0.054	483.63906	0.03721

Total Area = 1299039.791

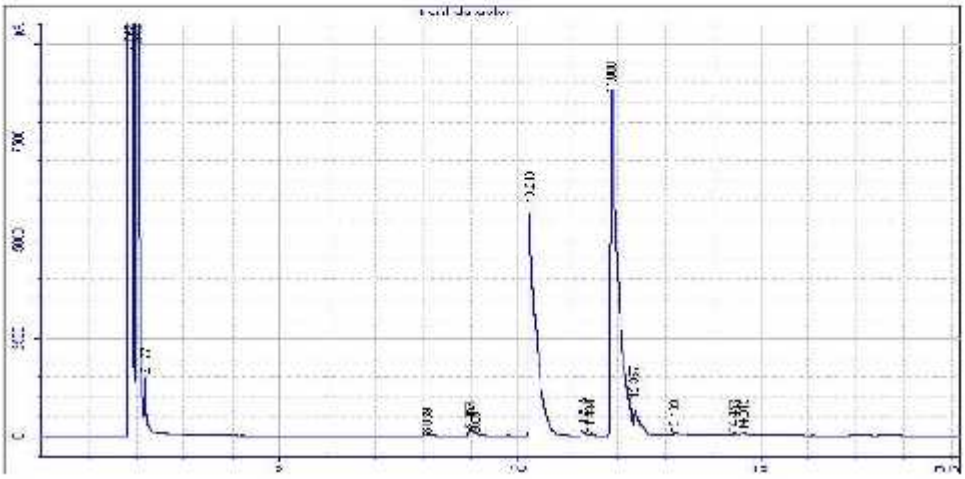
Report summary:
Warning(s): Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

Instrument run log:

No deviations found

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name:	*Reprocessed: Sample 23
Sample note:	p80-7min-4:1
Submission time:	Tuesday, May 05, 2015 10:05:35 AM
Operator:	
Injection date:	Tuesday, May 05, 2015 10:34:39 AM
GC Description:	GC1 SN: CN10713006
Signal description:	FID1 A, front detector
Method:	FAMF Methyl Esters
Method last saved:	Wednesday, May 06, 2015 11:00:29 AM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	1.867	PV S	0.050	948283.68199	73.89241
1	1.982	VV S	0.040	162580.01791	12.74386
1	2.177	VB S	0.058	5450.56213	0.42776
1	8.039	BB	0.087	226.30298	0.01765
1	8.963	BV	0.081	1051.84341	0.08240
1	9.091	VB	0.080	477.50733	0.03741
1	10.213	BB S	0.133	60403.03006	4.73179
1	11.318	PV	0.085	841.22092	0.06590
1	11.484	VB	0.047	335.72275	0.02630
1	11.900	DV S	0.141	92921.20922	7.27133
1	12.357	VB S	0.131	7360.92362	0.57663
1	13.103	PB	0.126	694.37607	0.05440
1	14.453	DV	0.062	281.59446	0.02206
1	14.615	VB	0.087	611.85001	0.04791

Total Area = [illegible]

Report summary:
Warning(s): Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

Instrument run log:

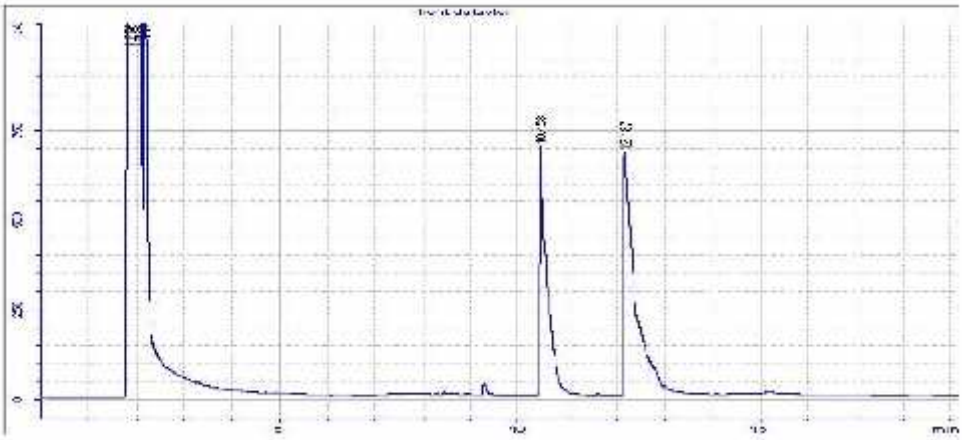
No deviations found

Lampiran 14

Hasil Analisis Kromatografi Gas Metil Ester pada Katalis CaO

Agilent Certify QA/QC Report

Sample name:	*Unprocessed: Sample-21
Sample note:	p00 7mnt cao
Submission time:	Tuesday, May 05, 2015 9:10:14 AM
Operator:	
Injection date:	Tuesday, May 05, 2015 9:33:41 AM
GC Description:	GC1 SN: CN10713006
Signal description:	FID1 A, front detector
Method:	FAME Methyl Esters
Method last saved:	Wednesday, May 06, 2015 10:57:30 AM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	1.875	PV S	0.052	1067184.41359	83.71748
1	1.988	VV S	0.041	183811.15663	14.41944
1	2.187	VB S	0.071	6826.99716	0.53556
1	10.453	BB	0.127	7069.72817	0.55460
1	12.187	PB	0.177	9852.79891	0.77292

Total Area = 1274745.094

Report summary:
Warning(s): Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

Instrument run log:

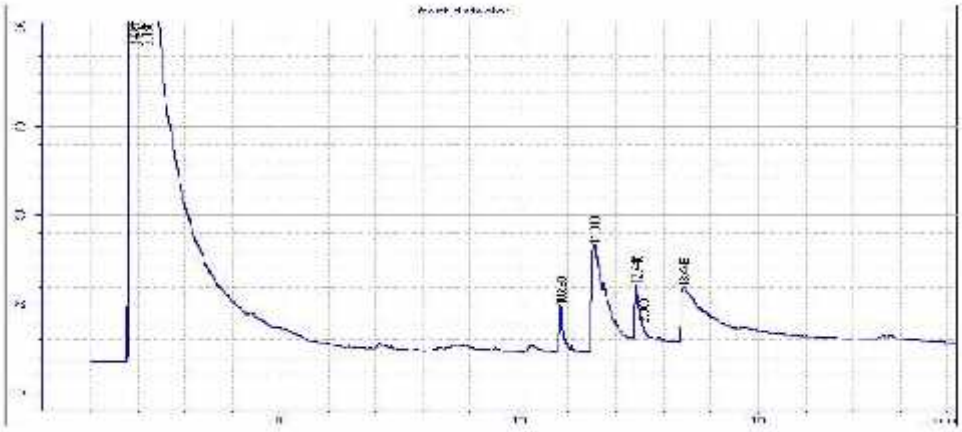
No deviations found

Lampiran 15

Hasil Analisis Kromatografi Gas Metil Ester pada Katalis SrO

Agilent Certity QA/QC Report

Sample name:	*Reprocessed: Sample 22
Sample note:	pH0-7mnt-sro
Submission time:	Tuesday, May 05, 2015 9:34:12 AM
Operator:	
Injection date:	Tuesday, May 05, 2015 10:05:16 AM
GC Description:	G01 - SN: CN10713006
Signal description:	HD1 A, front detector
Method:	FAME Methyl Esters
Method last saved:	Wednesday, May 06, 2015 10:58:50 AM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	1.874	VV S	0.052	1071753.65679	84.43881
1	1.987	VV S	0.041	184176.92414	14.51043
1	2.186	VB S	0.120	11889.60348	0.93673
1	10.896	VV	0.071	63.80476	0.00503
1	11.616	PV	0.257	636.88073	0.05018
1	12.446	VV	0.079	105.87933	0.00834
1	12.608	VV	0.125	53.50855	0.00422
1	13.448	VV	0.444	587.26426	0.04627

Total Area = 1269272.522

Report summary:
Warning(s): Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

Instrument run log:

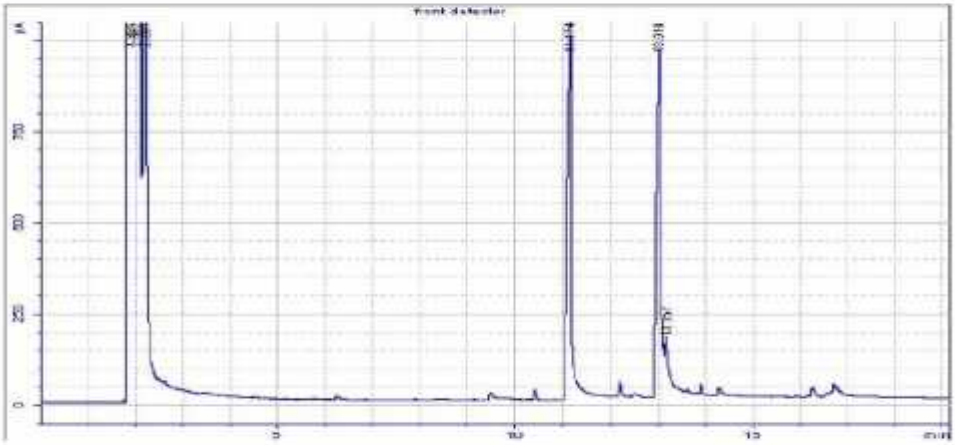
No deviations found

Lampiran 16

Hasil Analisis Kromatografi Gas Minyak Kelapa Sawit

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name:	*Reprocessed: Sample-27
Sample note:	minyak sawit-hexane
Submission time:	Tuesday, May 05, 2015 1:21:52 PM
Operator:	
Injection date:	Tuesday, May 05, 2015 1:22:26 PM
GC Description:	GC1 - SN: CN10713006
Signal description:	FID1 A, front detector
Method:	FAME Methyl Esters
Method last saved:	Wednesday, May 06, 2015 11:02:53 AM



Area Percent Report

Calibration last saved:	
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	1.891	PV S	0.102	2410691.75552	87.36104
1	2.002	VV S	0.040	325998.67894	11.81386
1	2.201	VB S	0.062	10161.51197	0.36824
1	11.174	PB	0.072	5500.55569	0.19933
1	13.019	PV	0.088	6173.65220	0.22373
1	13.157	VB	0.077	932.39484	0.03379

Total Area = 2759458.549

Report summary:
Warning(s): Sample amount is zero. Absolute amounts calculated

Instrument run log:

No deviations found

Lampiran 17

Hasil Analisis SSA (BET) dari Katalis CaO

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome
Optimizing particle performance

Analysis			Report		
Operator: NOVA UNS		Date: 2015/04/30	Operator: NOVA UNS		Date: 5/4/2015
Sample ID: Rizki Yuniarti		Filename:	C:\QCdata\Physisorb\30042015 Katalis CaO.qps		
Sample Desc:	Katalis CaO	Comment:			
Sample weight:	0.1198 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	OutgasTemp:	250.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	298.8 min	End of run:	2015/04/30 17:33:08	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	62				

Multi-Point BET

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density:	0.808 g/cc

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]
2.55610e-02	1.9244	1.1504e+01	2.03842e-01	3.1833	8.4353e-01
5.10450e-02	2.3029	1.8689e+01	2.28562e-01	3.2952	7.1941e-01
7.74060e-02	2.5543	2.6276e+01	2.53269e-01	3.4250	7.9234e-01
1.03320e-01	2.7000	3.4146e+01	2.76400e-01	3.5725	8.6407e-01
1.28606e-01	2.8549	4.1362e+01	3.03763e-01	3.6830	9.4782e-01
1.53602e-01	2.9735	4.8881e+01	3.52216e-01	3.9225	1.1091e-02
1.78662e-01	3.0953	5.6405e+01			

BET summary

Slope =	302.601
Intercept =	2.871e+00
Correlation coefficient, r =	0.999806
C constant=	106.382
Surface Area =	11.400 m²/g

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis			Report		
Operator: NOVA UNS		Date: 2015/04/30	Operator: NOVA UNS		Date: 5/4/2015
Sample ID: Rabi Yuniarti			Filename:	C:\Q\Data\Physisorb\30042015 Katalis CaO.qps	
Sample Desc:	Katalis CaO		Comment:		
Sample weight:	0.1198 g		Sample Volume:	0 cc	
Outgas Time:	3.0 hrs		OutgasTemp:	280.0 C	
Analysis gas:	Nitrogen		Bath Temp:	77.3 K	
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)		Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	298.8 min		End of run:	2015/04/30 17:33:08	Instrument: Nova Station A
Cell ID:	92				

Single Point Surface Area

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K	
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density: 0.808 g/cc

Single Point Surface Area Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1/[W((P/Po)-1)]	Slope	Surf. Area [m²/g]
3.03783e-01	3.3330	9.4782e+01	312.0276	11.1606
3.52216e-01	3.3225	1.1091e+02	314.8864	11.2596

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expo

evaWin - Data Acquisition and Reduction for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis			**Report**		
Operator:	NOVA UNS	**Date:** 2015/04/30	**Operator:**	NOVA UNS	**Date:** 5/4/2015
Sample ID:	Rizki Yunianti		**Filename:**	C:\QCdata\Physisorb\3000\2015 Kabala CaO.qps	
Sample Desc:	Kabala CaO		**Comment:**		
Sample weight:	0.1198 g		**Sample Volume:**	0 cc	
Outgas Time:	3.0 hrs		**Outgas Temp:**	200.0 C	
Analysis gas:	Nitrogen		**Bath Temp:**	77.3 K	
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)		**Equil time:**	60/60 sec (ads/des)	**Equil timeout:** 120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	208.8 min		**End of run:**	2015/04/30 17:33:08	**Instrument:** Nova Station A
Cell ID:	02				

Area-Volume Summary

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate:	Nitrogen	**Temperature:**	77.350 K		
	Molec. Wt.: 28.013 g	**Cross Section:**	16.200 Å²	**Liquid Density:**	0.808 g/cc

Surface Area Data

MultiPoint BET	1.140e+01 m²/g
Langmuir surface area	1.653e+01 m²/g
BJH method cumulative adsorption surface area	1.290e+01 m²/g
BJH method cumulative desorption surface area	2.254e+01 m²/g
DH method cumulative adsorption surface area	1.298e+01 m²/g
DH method cumulative desorption surface area	2.267e+01 m²/g
t-method external surface area	1.140e+01 m²/g
DR method micropore area	1.534e+01 m²/g

Pore Volume Data

Total pore volume for pores with Radius less than 1151.73 Å at P/Po = 0.991825	5.202e-01 cc/g
BJH method cumulative adsorption pore volume	5.330e-01 cc/g
BJH method cumulative desorption pore volume	5.386e-01 cc/g
DH method cumulative adsorption pore volume	5.193e-01 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume	5.289e-01 cc/g
DR method micropore volume	5.452e-03 cc/g
HK method cumulative pore volume	4.588e-03 cc/g
SF method cumulative pore volume	4.691e-03 cc/g

Pore Size Data

Average pore Radius	5.775e+02 Å
BJH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r))	8.630e+02 Å
BJH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	5.606e+01 Å
DH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r))	8.630e+02 Å
DH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	5.606e+01 Å
DR method micropore Half pore width	1.752e+01 Å
DA method pore Radius (Mode)	9.500e+00 Å
HK method pore Radius (Mode)	1.838e+00 Å
SF method pore Radius (Mode)	2.261e+00 Å

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis			Report		
Operator: NOVA UNS		Date: 2015/04/30	Operator: NOVA UNS		Date: 5/4/2015
Sample ID: Rizki Yuniarti		Filename:	C:\QCdata\Physisorb\30042015 Katalis CaO.qps		
Sample Desc:	Katalis CaO	Comment:			
Sample weight:	0.1198 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	Outgas Temp:	230.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	298.8 min	End of run:	2015/04/30 17:33:08	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	92				

Total Pore Volume

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density:	0.808 g/cc

Total Pore Volume summary
Total Pore Volume

Total pore volume = 3.292e-01 cc/g for
pores smaller than 1181.7 Å (Radius)
at P/Po = 0.99182

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

vaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
W7, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis			Report		
Operator: NOVA UNS		Date: 2015/04/30	Operator: NOVA UNS		Date: 5/4/2015
Sample ID: Rizki Yuniarti		Filename:	C:\QCdata\Physisorb\30\42015 Katalis CaO.qps		
Sample Desc:	Katalis CaO	Comment:			
Sample weight:	0.1198 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	OutgasTemp:	250.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.05/0.050 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	298.8 min	End of run:	2015/04/30 17:35:08	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	02				

Average Pore Size

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350 K		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density:	0.808 g/cc

Average Pore Size summary

Average pore Radius = 5.77465e+02 Å

Lampiran 18

Hasil Analisis SSA (BET) dari Katalis SrO

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing nanoperformance

Analysis			Report		
Operator: NOVA UNS		Date: 2015/05/06	Operator: NOVA UNS		Date: 5/6/2015
Sample ID: Rizki Yuniarti		Filename:	C:\QCdata\Physisorb\06052015 Katalis SrO.qps		
Sample Desc:	Katalis SrO	Comment:			
Sample weight:	0.1293 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	Outgas Temp:	250.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	130.8 min	End of run:	2015/05/06 13:38:39	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	02				

Multi-Point BET

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density	0.808 g/cc

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1/[W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1/[W((Po/P) - 1)]
2.50170e-02	0.1274	1.6113e+02	2.04345e-01	0.4010	5.1248e+02
5.29150e-02	0.2298	1.6482e+02	2.26263e-01	0.4336	5.4887e+02
7.80580e-02	0.2715	2.5289e+02	2.53649e-01	0.4663	5.8410e+02
1.04454e-01	0.2933	3.1613e+02	2.78611e-01	0.4976	6.2165e+02
1.28541e-01	0.3080	3.6654e+02	3.04262e-01	0.5278	6.6331e+02
1.54319e-01	0.3275	4.4575e+02	3.53404e-01	0.5842	7.4854e+02
1.79131e-01	0.3705	4.7141e+02			

BET summary

Slope =	1803.480
Intercept =	1.286e+02
Correlation coefficient, r =	0.994139
C constant=	15.006
Surface Area =	1.602 m²/g

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

evaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
W7, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis			Report		
Operator: NOVA UNS		Date: 2015/05/06	Operator: NOVA UNS		Date: 5/6/2015
Sample ID: Ridzki Yuniarti		Filename:	C:/QCdata/Physsorb/06052015 Katalis SrO.qps		
Sample Desc:	Katalis SrO	Comment:			
Sample weight:	0.1293 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	OutgasTemp:	280.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	130.8 min	End of run:	2015/06/08 13:38:38	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	02				

Single Point Surface Area

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350k		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density:	0.808 g/cc

Single Point Surface Area Data

RelativePressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((P/Po) - 1)]	Slope	Surf. Area [m²/g]
3.04282e-01	0.5276	6.6331e-02	2178.3330	1.5973
3.53404e-01	0.5642	7.4864e-02	2116.0797	1.5442

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

owsWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA Instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis
Operator: NOVA UNS — Date: 2015/05/05
Sample ID: Rizki Yunari
Sample Desc: Katalis SrO
Sample weight: 0.1293 g
Outgas Time: 3.0 hrs
Analysis gas: Nitrogen
Press. Tolerance: 0.050/0.050 (ads/des)
Analysis Time: 130.8 min
Cell ID: 92

Report
Operator: NOVA UNS — Date: 5/5/2015
Filename: C:\Q\Data\Physisorb\06352015 Katalis SrO.qps
Comment:
Sample Volume: 0 cc
OutgasTemp: 260.0 C
Bath Temp: 77.3 K
Equil time: 60/60 sec (ads/des) — Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)
End of run: 2015/05/05 13:36:39 — Instrument: Nova Station A

Area-Volume Summary

Data Reduction Parameters Data

Adsorpate: Nitrogen — Temperature: 77.350K
Molec. Wt.: 28.013 g — Cross Section: 16.200 Å² — Liquid Density: 0.808 g/cc

Surface Area Data

MultiPoint BET	1.602e+00 m²/g
Langmuir surface area	3.407e+00 m²/g
BJH method cumulative adsorption surface area	1.605e+00 m²/g
BJH method cumulative desorption surface area	1.637e+00 m²/g
DH method cumulative adsorption surface area	1.638e+00 m²/g
DH method cumulative desorption surface area	1.675e+00 m²/g
t-method external surface area	1.602e+00 m²/g
DR method micropore area	2.071e+00 m²/g

Pore Volume Data

Total pore volume for pores with Radius less than 1494.32 Å at P/Po = 0.993551	4.442e-03 cc/g
BJH method cumulative adsorption pore volume	4.404e-03 cc/g
BJH method cumulative desorption pore volume	3.829e-03 cc/g
DH method cumulative adsorption pore volume	4.266e-03 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume	3.747e-03 cc/g
DR method micropore volume	7.362e-04 cc/g
HK method cumulative pore volume	5.070e-04 cc/g
SF method cumulative pore volume	5.398e-04 cc/g

Pore Size Data

Average pore Radius	4.929e+01 Å
BJH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.715e+01 Å
BJH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.684e+01 Å
DH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.715e+01 Å
DH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.684e+01 Å
DR method micropore Half pore width	2.420e+01 Å
DA method pore Radius (Mode)	1.060e+01 Å
HK method pore Radius (Mode)	6.337e+00 Å
SF method pore Radius (Mode)	1.121e+01 Å

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis			Report		
Operator: NOVA UNS		Date: 2015/05/06	Operator: NOVA UNS		Date: 5/6/2015
Sample ID: Rizki Yuniarti		Filename:	C:\Q\Cdata\Physisorb\06052015 Katalis SrO.qps		
Sample Desc:	Katalis SrO	Comment:			
Sample weight:	0.1293 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	Outgas Temp:	280.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	130.8 min	End of run:	2015/05/06 13:36:39	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	92				

Total Pore Volume

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density:	0.808 g/cc

Total Pore Volume summary
Total Pore Volume

Total pore volume = 4.442e-03 cc/g for
pores smaller than 1494.3 Å (Radius)
at P/Po = 0.99355

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis			Report		
Operator: NOVA UNS		Date: 2015/05/06	Operator: NOVA UNS		Date: 5/6/2015
Sample ID: Rizki Yuniarti		Filename:	C:\Q\Cdata\Physisorb\06052015 Katalis SrO.qps		
Sample Desc:	Katalis SrO	Comment:			
Sample weight:	0.1293 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	Outgas Temp:	280.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	130.8 min	End of run:	2015/05/06 13:36:39	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	92				

Average Pore Size

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density:	0.808 g/cc

Average Pore Size summary

Average pore Radius = 4.92935e+01 Å

Lampiran 19

Hasil Analisis SSA (BET) dari Katalis CaO.SrO Perbandingan 4:1

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis			Report		
Operator:	NOVA UNS	Date: 2015/05/05	Operator:	NOVA UNS	Date: 5/5/2015
Sample ID:	Rizki Yuniarti	Filename:	C:\QCdata\Physisorb\D5052015 Katalis CaO-SrO.qps		
Sample Desc:	Katalis (1:4) CaO SrO	Comment:			
Sample weight:	0.1339 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	OutgasTemp:	280.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	167.2 min	End of run:	2015/05/05 16:08:58	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	92				

Multi-Point BET

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350K		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density:	0.808 g/cc

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1/[W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1/[W((Po/P) - 1)]
2.54790e-02	0.6012	4.1738e+01	2.04175e-01	1.0662	1.9253e+02
5.26190e-02	0.6699	6.6341e+01	2.28950e-01	1.1340	2.0951e+02
7.85760e-02	0.7683	8.8754e+01	2.53507e-01	1.1979	2.2833e+02
1.04055e-01	0.8353	1.1120e+02	2.78106e-01	1.3098	2.3533e+02
1.29280e-01	0.8941	1.3286e+02	3.03436e-01	1.3956	2.4975e+02
1.53985e-01	0.9527	1.5286e+02	3.51902e-01	1.5385	2.8220e+02
1.79175e-01	1.0121	1.7257e+02			

BET summary

Slope =	738.656
Intercept =	3.320e+01
Correlation coefficient, r =	0.995527
C constant=	23.248
Surface Area =	4.512 m²/g

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis			Report		
Operator: NOVA UNS		Date: 2015/05/05	Operator: NOVA UNS		Date: 5/5/2015
Sample ID: Rizki Yuniarti		Filename:	C:\QCdata\Physisorb\05052015 Katalis CaO-SrO.qps		
Sample Desc:	Katalis (1:4) CaO.SrO	Comment:			
Sample weight:	0.1339 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	Outgas Temp:	280.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	187.2 min	End of run:	2015/05/05 16:08:56	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	92				

Single Point Surface Area

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350 K		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density:	0.808 g/cc

Single Point Surface Area Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W(P/Po) - 1]	Slope	Surf. Area [m²/g]
3.03436e-01	1.3966	2.4975e+02	823.0580	4.2312
3.51902e-01	1.5395	2.8220e+02	801.9356	4.3426

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA Instruments
D07, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quartachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis			Report		
Operator: NOVA UNS		Date: 2015/05/05	Operator: NOVA UNS		Date: 5/5/2015
Sample ID: Rizki Yuniarti		Filename:	C:\Q\Data\Physisorb\05052015 Katalis CaO-SrO.qps		
Sample Desc:	Katalis (1:4) CaO.SrO	Comment:			
Sample weight:	2.1339 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	OutgasTemp:	280.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	187.2 min	End of run:	2015/05/05 16:08:56	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	92				

Area-Volume Summary

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350 K		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density:	0.808 g/cc

Surface Area Data

MultiPoint BET	4.512e+00 m²/g
Langmuir surface area	7.922e+00 m²/g
BJH method cumulative adsorption surface area	4.417e+00 m²/g
BJH method cumulative desorption surface area	6.857e+00 m²/g
DH method cumulative adsorption surface area	4.455e+00 m²/g
DH method cumulative desorption surface area	7.052e+00 m²/g
t-method external surface area	4.512e+00 m²/g
DR method micropore area	5.173e+00 m²/g

Pore Volume Data

Total pore volume for pores with Radius less than 1095.44 Å at P/Po = 0.991173	8.977e-02 cc/g
BJH method cumulative adsorption pore volume	8.964e-02 cc/g
BJH method cumulative desorption pore volume	9.171e-02 cc/g
DH method cumulative adsorption pore volume	8.646e-02 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume	8.924e-02 cc/g
DR method micropore volume	1.838e-03 cc/g
HK method cumulative pore volume	1.468e-03 cc/g
SF method cumulative pore volume	1.522e-03 cc/g

Pore Size Data

Average pore Radius	3.979e+02 Å
BJH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.714e+01 Å
BJH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.632e+02 Å
DH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.714e+01 Å
DH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.632e+02 Å
DR method micropore Half pore width	2.021e+01 Å
DA method pore Radius (Mode)	1.840e+01 Å
HK method pore Radius (Mode)	1.838e+00 Å
SF method pore Radius (Mode)	2.261e+00 Å

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Optimizing particle performance

Analysis			Report		
Operator:	NOVA UNS	Date: 2015/05/05	Operator:	NOVA UNS	Date: 5/5/2015
Sample ID:	Rizki Yuniarti	Filename:	C:\QCdata\Physisorb\05052015 Kalalis CaO-SrO.qps		
Sample Desc:	Kalalis (1:4) CaO.SrO	Comment:			
Sample weight:	0.1339 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	Outgas Temp:	280.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.050/0.050 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	187.2 min	End of run:	2015/05/05 16:08:56	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	92				

Total Pore Volume

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350k		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 A²	Liquid Density:	0.808 g/cc

Total Pore Volume summary
Total Pore Volume

Total pore volume = 3.977e-02 cc/g for
pores smaller than 1095.4 Å (Radius)
at P/Po = 0.99117

PDF Complete
Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
007, Quantachrome Instruments
version 10.01

Quantachrome INSTRUMENTS
Cycle 2 big particle performance

Analysis			Report		
Operator: NOVA UNS		Date: 2015/05/05	Operator: NOVA UNS		Date: 5/5/2015
Sample ID: Rizki Yuniarti		Filename:	C:\QCdata\Physisorb\05052015 Katalis CaO-SrO.qps		
Sample Desc.:	Katalis (1:4) CaO.SrO	Comment:			
Sample weight:	0.1339 g	Sample Volume:	0 cc		
Outgas Time:	3.0 hrs	Outgas Temp:	280.0 C		
Analysis gas:	Nitrogen	Bath Temp:	77.3 K		
Press. Tolerance:	0.050/0.350 (ads/des)	Equil time:	60/60 sec (ads/des)	Equil timeout:	120/120 sec (ads/des)
Analysis Time:	187.2 min	End of run:	2015/05/05 16:08:56	Instrument:	Nova Station A
Cell ID:	92				

Average Pore Size

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Nitrogen	Temperature	77.350 K		
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density:	0.808 g/cc

Average Pore Size summary

Average pore Radius = 3.97940e+02 Å

Lampiran 20

Dokumentasi Penelitian

Proses sintesis katalis CaO.SrO

Reaktor hidrotermal autocalve

Hasil Penetralan pH

Proses Pencucian Katalis

Proses Kalsinasi Katalis

Hasil Katalis

Proses reaksi biodiesel

Hasil setelah reaksi

Proses Senrifuge

Hasil biodiesel

Pengukuran Densitas

Pengukuran Viskositas