



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGOLAHAN MINYAK JARAK MENJADI
FRAKSI HIDROKARBON C₃ DAN C₄
MELALUI REAKSI PERENKAHAN KATALITIK
DENGAN KATALIS ZEOLIT**

SKRIPSI

**TEGUH DIYANTO
0405060652**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
DEPOK**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGOLAHAN MINYAK JARAK MENJADI
FRAKSI HIDROKARBON C₃ DAN C₄
MELALUI REAKSI PERENKAHAN KATALITIK
DENGAN KATALIS ZEOLIT**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana**

**TEGUH DIYANTO
0405060652**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
DEPOK**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Teguh Diyanto

NPM : 0405060652

Tanda Tangan :

Tanggal : 16 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Teguh Diyanto
NPM : 0405060652
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Pengolahan Minyak Jarak Menjadi Fraksi Hidrokarbon C₃ dan C₄ Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik dengan Katalis Zeolit

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof.Dr.Ir.M. Nasikin.M.Eng ()

Penguji : Ir. Sukirno M. Eng ()

Penguji : Ir. Setiadi M.Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 5 Januari 2009

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Teknik jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Prof. Dr. Ir. M. Nasikin, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (2) Diania Wangsamulia sebagai rekan penelitian yang selalu mendukung dalam penelitian. Kang Djajat dan Mang Ijal sebagai penanggung jawab lab yang selalu mendampingi penelitian ini
- (3) Ibu yang selalu memberi semangat dan bantuan baik moril ataupun dana untuk menyelesaikan skripsi ini
- (4) Semua teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu demi satu, yang selalu memberikan bantuan semangat dikala susah

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 5 Januari 2008

Teguh Diyanto

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Teguh Diyanto
NPM : 0405060652
Program studi : S1
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Fakultas Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengolahan Minyak Jarak Menjadi Fraksi Hidrokarbon C₃ dan C₄ Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik dengan Katalis Zeolit

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 1 Januari 2009

Yang menyatakan

(.....)

ABSTRAK

Nama : Teguh Diyanto
Program Studi : S1
Judul : Pengolahan Minyak Jarak Menjadi Fraksi Hidrokarbon C₃ dan C₄
Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik dengan Katalis Zeolit

Dalam penelitian ini dilakukan sintesa fraksi hidrokarbon C₃ dan C₄ dari minyak jarak yang memiliki kandungan asam lemak tak jenuh yang lebih banyak dari CPO. Kandungan asam lemak tak jenuh yang memiliki ikatan rangkap ini memudahkan pemutusan ikatan lebih banyak oleh katalis, menghasilkan *yield* C₃ dan C₄ yang lebih banyak.

Untuk menghasilkan fraksi C₃ dan C₄ dari minyak jarak digunakan metode perengkahan katalitik menggunakan katalis ZSM-5. Reaksi dilakukan secara tumpak pada fasa cair dan tekanan atmosferik selama 60 menit. Pada reaksi divariasikan suhu reaksi (320⁰C; 330⁰C; 340⁰C) dan rasio massa katalis/SJO (1:75 dan 1:100). Produk gas dianalisis dengan GC sedangkan produk cair menggunakan FTIR

Berdasarkan hasil penelitian, pada reaksi dengan suhu 340⁰C dan rasio katalis/SJO = 1:100 didapatkan hasil maksimum yaitu *yield* hidrokarbon C₄ mencapai 12 %. Produk gas yang diperoleh kebanyakan berupa produk i-C₄ dan n-C₄. Sedangkan produk C₃ tidak diperoleh secara konsisten.

Kata kunci : Minyak Jarak, Perengkahan katalitik, ZSM-5

ABSTRACT

Name : Teguh Diyanto
Study Program: S1
Title : Processing of Jatropha Oil to Produce Hydrocarbon Fraction C₃ and C₄ Using Catalytic Cracking with Zeolite Catalyst

In this research, synthesis of hydrocarbon fraction C₃ and C₄ will be held using Jatropha Oil which has more unsaturated fatty acid compared to Crude Palm Oil. This content of unsaturated fatty acid will make it easier for the catalyst to cut the bond, producing more product of C₃ and C₄.

To produce C₃ and C₄, catalytic cracking method is used with ZSM-5 catalyst. Reaction is performed in batch reactor in liquid phase with atmospheric pressure within 60 minutes. The temperature will be varied within 320⁰C; 330⁰C; 340⁰C and the ratio of catalyst/SJO mass of 1:75 and 1:100. The gas product will be analyzed with GC and the liquid product with FTIR

According to the research, the maximum yield is obtained in the 340⁰C temperature and of catalyst/SJO mass of 1:100, with the result of 12%. The gas product mainly consist of i-C₄ and n-C₄. While the C₃ product is not obtained consistently.

Key words : Jatropha oil, catalytic cracking, ZSM-5

DAFTAR ISI

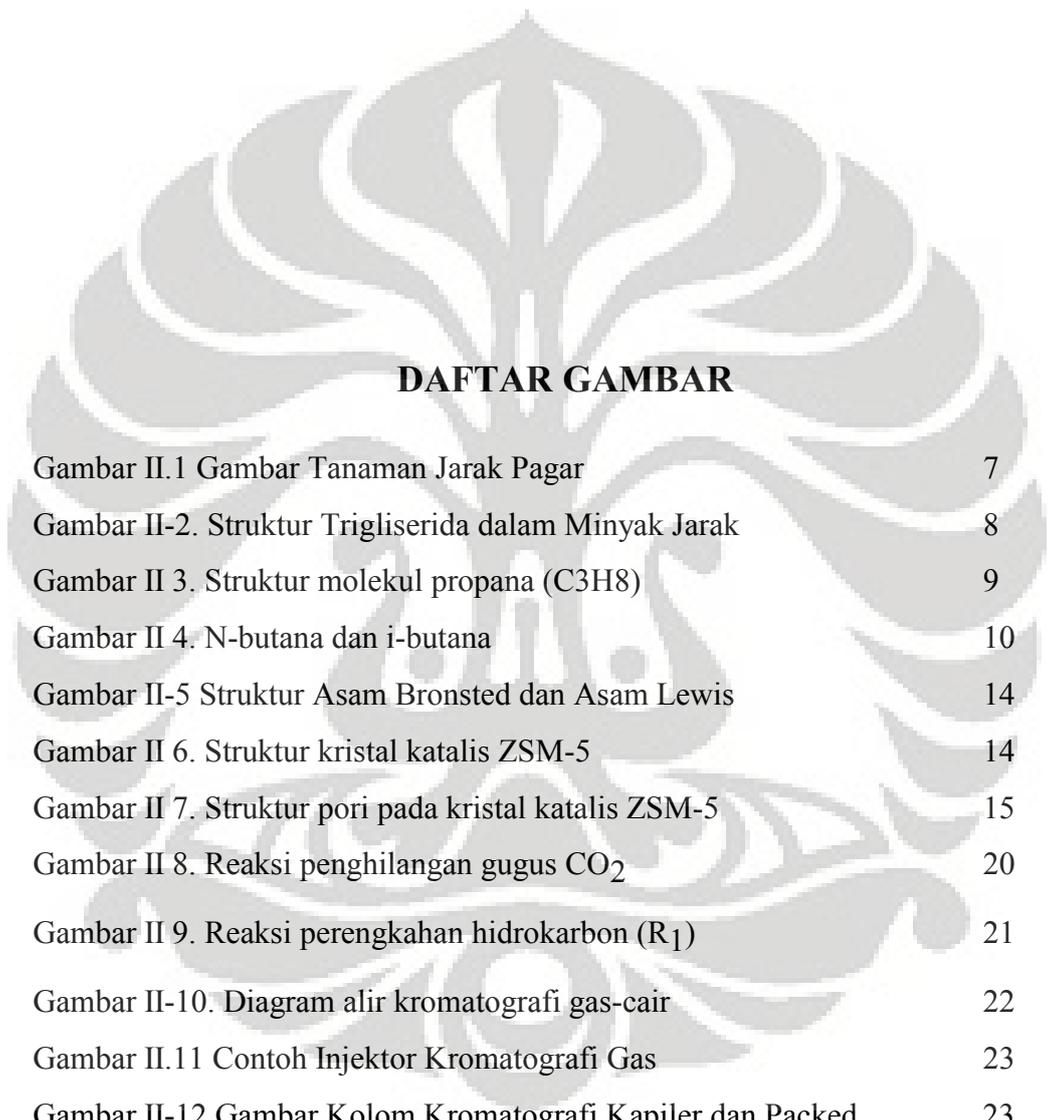
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian	5
I.4 Batasan Masalah	5
I.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
II.I Bahan Baku dan Produk	7
II.I.1 Minyak Jarak	7

II.1.2 Propana	9
II.1.3 Butana	10
II.1.4 LPG (liquified petroleum gas)	11
II.1.5 Katalis Zeolit RCC (<i>residue catalytic cracking</i>)	12
II.2 Proses Perengkahan Minyak Bumi	15
II.2.1 Perengkahan Termal	16
II.2.2 Perengkahan Katalitik	17
II.3 Pembuatan Fraksi C ₃ dan C ₄ dari Minyak Jarak	18
II.4 Metode Analisa	21
II.4.1 Kromatografi Gas	21
II.4.2 Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR)	24
II.5 Penelitian-penelitian Terdahulu	26
BAB III RANCANGAN PENELITIAN	29
III.1 Variabel Bebas dan Variabel Terikat	30
III.2 Alat dan Bahan	30
III.3 Prosedur Penelitian	31
III.3.1 Blank Test	31
III.3.2 Tahap Reaksi Perengkahan Katalitik Minyak Jarak	32
III.3.3 Tahap Distilasi	33
III.3.4 Tahap Analisis Produk Perengkahan	33
III.3.5 Tahap Penyajian dan Pengolahan Data	34
III.4 Gambar Skematik Alat Penelitian	35
III.5 Pelaksanaan Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
IV.1. Analisa Percobaan	37
IV.1.1. Tahap Blank Test	37
IV.1.2 Tahap Perengkahan Katalitik	38
IV.1.3. Tahap Distilasi	40
IV.2. Analisa Produk Perengkahan	41
IV.3. Pengaruh Suhu Reaksi dan Rasio Massa Katalis/SJO Terhadap Yield C ₄	43

IV.4 Pengaruh Rasio Massa Katalis Terhadap Yield C ₄	45
IV.5 Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Massa Katalis	47
IV.6 Analisa Konversi Perengkahan Katalitik	49
IV.7 Perhitungan Yield Produk C ₄	50
IV.8 Analisa FTIR sampel liquid sisa distilasi	51
IV.9 Analisa perbandingan densitas liquid sisa reaksi	53
IV.10 Perbandingan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya	55
BAB V KESIMPULAN	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

Tabel II-1. Kandungan asam lemak pada minyak Jarak	8
Tabel II-2. Sifat fisik dan kimia propana	9
Tabel II-3. Sifat n-butana	10
Tabel II-4. Kandungan LPG	11
Tabel II-5. Emisi pembakaran LPG	11
Tabel II-6. Perbandingan Kandungan Trigliserida Minyak Jarak, Sawit, dan Kelapa	18
Tabel II-7. Asam lemak dan hidrokarbon yang terbentuk pada Penghilangan CO ₂	20
Tabel IV-1. Tabel Kemungkinan Produk Pemotongan Trigliserida	43
Tabel IV-2. Perbandingan Cairan Sisa Reaksi pada Berbagai Rasio	43
Tabel IV-3. Tabel Yield Produk C ₄	51
Tabel IV-4. Macam-Macam Peak pada FTIR Minyak Jarak Murni	52
Tabel IV-5. Perbandingan Spektra FTIR Minyak Jarak Murni dengan Produk Cair	53
Tabel IV-6. Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Sebelumnya	56



DAFTAR GAMBAR

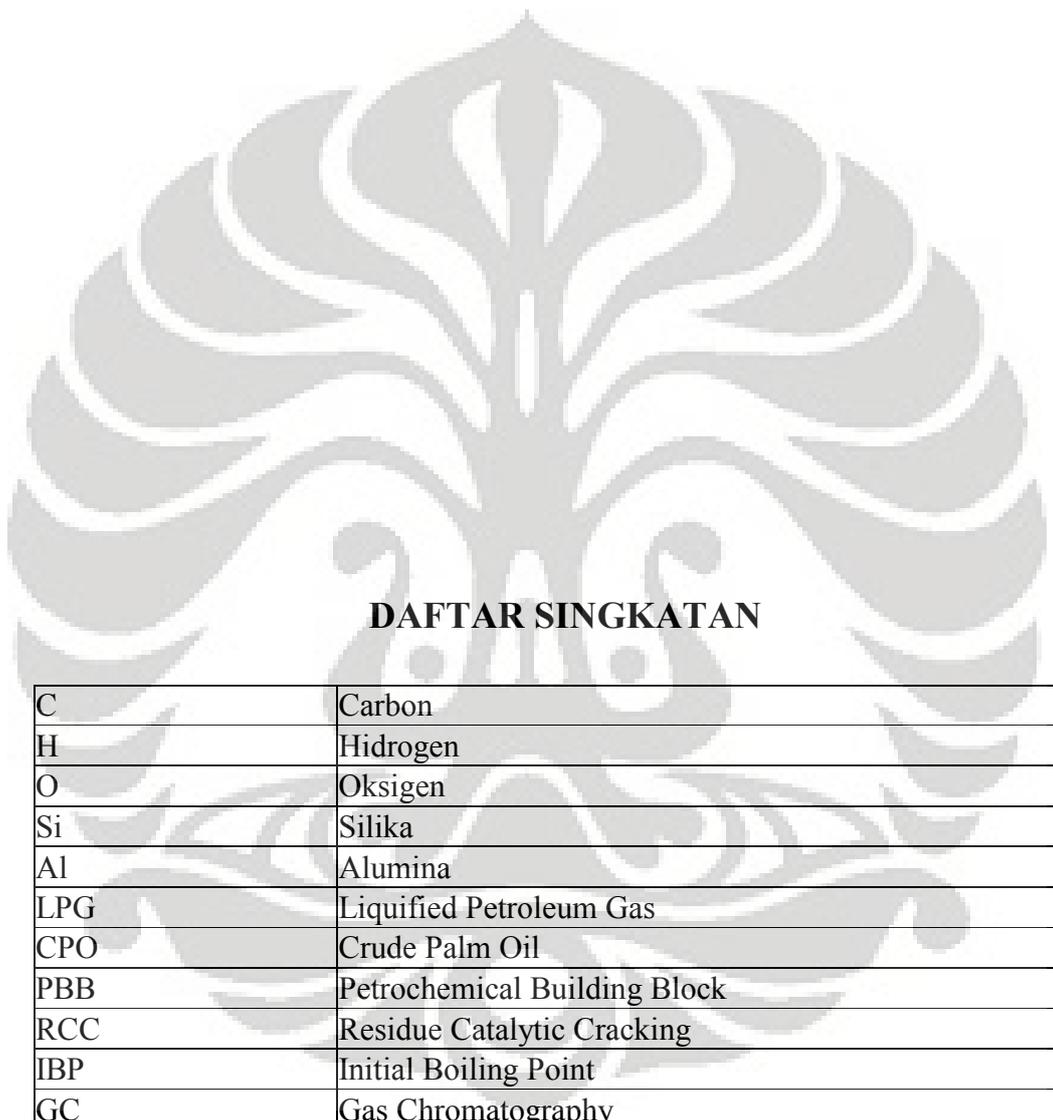
Gambar II.1 Gambar Tanaman Jarak Pagar	7
Gambar II-2. Struktur Trigliserida dalam Minyak Jarak	8
Gambar II 3. Struktur molekul propana (C ₃ H ₈)	9
Gambar II 4. N-butana dan i-butana	10
Gambar II-5 Struktur Asam Bronsted dan Asam Lewis	14
Gambar II 6. Struktur kristal katalis ZSM-5	14
Gambar II 7. Struktur pori pada kristal katalis ZSM-5	15
Gambar II 8. Reaksi penghilangan gugus CO ₂	20
Gambar II 9. Reaksi perengkahan hidrokarbon (R ₁)	21
Gambar II-10. Diagram alir kromatografi gas-cair	22
Gambar II.11 Contoh Injektor Kromatografi Gas	23
Gambar II-12 Gambar Kolom Kromatografi Kapiler dan Packed	23
Gambar II-13. Instrumentasi FTIR	24
Gambar II-14. Perbedaan sistem Spektrofotometer IR dan FTIR	25
Gambar II-15. Cara Kerja FTIR	26
Gambar III-1. Diagram Alir Penelitian	29
Gambar III-2 Skematik Alat Penelitian	35

Gambar IV-1 Skema Alat Perengkahan Katalitik	38
Gambar IV-2 Skema Alat <i>Gas Trap</i>	39
Gambar IV-3 Skema Alat Distilasi	40
Gambar IV-4 Struktur Trigliserida Asam Linoleat	41
Gambar IV-5 Struktur Trigliserida Asam Oleat	41
Gambar IV-6. Reaksi Perengkahan Katalitik Olefin	42
Gambar IV-7. Pengaruh Suhu dan Rasio Katalis terhadap Yield C4	43
Gambar IV-8 Pengaruh Rasio Massa Katalis pada suhu 320°C	44
Gambar IV-9 Pengaruh Rasio Massa Katalis pada suhu 330°C	45
Gambar IV-10 Pengaruh Rasio Massa Katalis pada suhu 340°C	45
Gambar IV-11. Pengaruh Waktu Reaksi pada Rasio Massa Katalis 1 : 75	46
Gambar IV-12. Pengaruh Waktu Reaksi pada Rasio Massa Katalis 1 : 100	47
Gambar IV-13. Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Konversi	48
Gambar IV-14. Spektra FTIR Minyak Jarak Murni pada Blank Test	49
Gambar IV-15. Spektra FTIR Distilat Reaksi 1:100, 340°C	50
Gambar IV-16 Tahapan Polimerisasi Trigliserida	51
Gambar IV-17 Pengaruh suhu reaksi dan rasio massa SJO/Katalis terhadap densitas	54



DAFTAR LAMPIRAN

Analisa GC Produk gas	78
Analisa FTIR Distilat	80



DAFTAR SINGKATAN

C	Carbon
H	Hidrogen
O	Oksigen
Si	Silika
Al	Alumina
LPG	Liquified Petroleum Gas
CPO	Crude Palm Oil
PBB	Petrochemical Building Block
RCC	Residue Catalytic Cracking
IBP	Initial Boiling Point
GC	Gas Chromatography
FTIR	Forier Transform Infra Red
Laboratorium RPKA	Laboratorium Rekayasa Produk Kimia dan Bahan Alam
SJO	Straight Jatropa Oil

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Masalah

Minyak bumi merupakan suatu elemen yang tidak dapat terpisahkan lagi dalam hidup kita. Berbagai produk dan proses membutuhkan minyak bumi sebagai bahan bakunya. Kegunaan yang paling penting dari minyak bumi di Indonesia adalah kebutuhannya sebagai bahan bakar dan bahan baku petrokimia. Salah satu fraksi yang penting dalam minyak bumi adalah fraksi C₃ dan C₄ atau propana dan butana. Salah satu kegunaannya yang paling penting adalah sebagai bahan baku pembuatan LPG. LPG atau *Liquified Petroleum Gas* sudah menjadi suatu sumber energi yang sangat penting bagi masyarakat. Sejak tahun 2007 diberlakukannya konversi minyak tanah menjadi LPG, kebutuhan masyarakat terhadap gas cair ini semakin meningkat tajam. LPG merupakan bahan bakar yang dibuat dari fraksi hidrokarbon propana dan butana yang telah dicairkan. Pencairan ini ditujukan untuk mempermudah transportasinya. Jika kita proyeksikan sampai tahun 2025, permintaan akan LPG bisa mencapai dua kali lipat permintaan saat ini (Purwanto et al. 2006) Karenanya ketersediaan LPG di masa depan adalah suatu masalah yang harus menjadi perhatian yang cukup serius.

Selain penggunaannya dalam LPG, fraksi propana dan butana dari minyak bumi juga banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku petrokimia melalui reaksi hidrogenasinya menghasilkan propilen dan butilen yang kemudian diproses menjadi polimer dan bahan petrokimia. Dalam aplikasinya, polipropilen telah meningkatkan peranan industri kecil dan menengah yang ada di Indonesia. Statistik menunjukkan penggunaan polipropilen di dunia mencapai 32.8 juta ton pada tahun 2005 dengan laju pertumbuhan sekitar 3% pertahun, dan konsumsi terbesarnya adalah di Asia sebesar 39% (Hidayat et al. 2007)

Dua faktor diatas menunjukkan pada kita pentingnya fraksi hidrokarbon propana dan butana dalam berbagai aspek di hidup kita. Permasalahannya

sekarang adalah makin menipisnya persediaan minyak bumi yang merupakan sumber bahan baku utama fraksi propana dan butana. Hal ini menyebabkan meningkatnya harga minyak bumi dunia sampai mencapai \$ 120/barrel . Hal ini tentu saja menyebabkan berbagai pengaruh negatif, salah satunya adalah kelangkaan dan kenaikan harga LPG di Indonesia. Oleh karena itu, perlu bagi kita untuk mencari berbagai bahan baku alternatif yang mampu diolah menjadi fraksi hidrokarbon ringan setaraf propana dan butana.

Salah satu sumber potensi sumber daya alam terbarukan yang sekarang ini banyak diteliti dan dimanfaatkan adalah minyak jarak/*Jatropha Oil*. Minyak Jarak merupakan minyak nabati yang berasal dari biji tanaman jarak pagar/*Jatropha Curcas*. Di Indonesia, minyak ini sudah dikenal dari dahulu kala sebagai sumber bahan bakar, meskipun belum melalui pengolahan secara modern. Pada jaman kolonial Belanda, para tentara Belanda memerintahkan untuk menanam tanaman jarak pagar secara paksa, lalu minyak yang di ekstrak dari biji jarak tersebut di gunakan untuk sumber bahan bakar obor pada saat itu. Salah satu kelebihan lain dari tanaman ini juga adalah daya tahannya yang sangat kuat terhadap kekeringan dan serangan hama, yang menjadikan tanaman ini sangat mudah dibudidayakan.

Dibandingkan dengan minyak nabati lain seperti minyak kelapa sawit, minyak jarak memiliki keuntungan karena sifatnya yang non-edible/tidak dapat dimakan. Hal ini membuat penggunaan minyak jarak sebagai bahan bakar alternatif tidak akan berbenturan sebagai penggunaannya sebagai bahan baku pangan. Dilihat dari produksi minyak jarak di Indonesia sejumlah diatas 200.000 liter dan faktor-faktor di atas, minyak jarak memiliki potensi yang tinggi sebagai pengganti minyak bumi dan dipakai sebagai bahan baku fraksi hidrokarbon propana dan butana.

Dilihat dari struktur kimianya, minyak jarak mengandung senyawa trigliserida. Senyawa trigliserida tersebut mengandung hidrokarbon seperti halnya minyak bumi. Hal ini menimbulkan hipotesa bahwa trigliserida dalam minyak jarak mampu diolah untuk menghasilkan produk-produk olahan minyak bumi seperti solar, kerosin, dan bensin. Pengolahan lebih lanjut dan didukung dengan penelitian sebelumnya juga memperkuat dugaan bahwa trigliserida pada minyak

jarak dapat diolah menjadi fraksi ringan seperti propana dan butana.

Beberapa penelitian di Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia menunjukkan bahwa pengembangan minyak nabati terutama minyak kelapa sawit menjadi bahan bakar sudah dan dapat dilakukan. Penelitian oleh sebelumnya antara lain telah berhasil membuat biogasoline dengan bilangan oktan tinggi melalui metode perengkahan katalitik minyak kelapa sawit. Pada penelitian tersebut, proses perengkahan dilakukan dengan katalis H-Zeolit alam pada fasa cair (Iswara, 2006) ataupun melalui reaksi *hydrocracking* dengan katalis Ni/zeolit (Nasikin & Hirsaman, 2005). Sedangkan, peningkatan bilangan oktan biogasoline dilakukan melalui proses hidrasi (Silalahi, 2006).

Pada proses pembuatan biogasoline dengan katalis H-zeolit alam, reaksi perengkahan minyak kelapa sawit dilakukan secara batch pada fasa cair, tekanan atmosferik, suhu 320⁰C, dan rasio massa katalis/CPO = 1:75. Hasilnya diperoleh biogasoline dengan konversi 21.36 %berat dan *yield* sebesar 58 %berat. Selain itu, dihasilkan pula fraksi C₁ – C₄ sekitar 6 %berat (Iswara, 2006).

Penelitian lain yang mengenai pembuatan gasoline dari minyak kelapa sawit telah berhasil mendapatkan konversi 95.99 %berat dengan *yield* 36.45 %berat fraksi gasoline dan 12.54 %berat fraksi C₁ – C₄ dari reaksi perengkahan katalitik minyak kelapa sawit dengan katalis ZSM-5. Katalis ZSM-5 ini dipreparasi sendiri dengan rasio Si/Al = 61 dan rasio massa katalis/CPO = 1 : 7.2 (Twaiq, Zabidi, & Bhatia, Catalytic Conversion of Palm Oil Over Mesoporous Aluminosilicate MCM-41 for Production of Liquid Hydrocarbon Fuels, 2003)

Pada penelitian ini sendiri juga akan dipakai katalis ZSM-5 yang merupakan katalis RCC (*Residue Catalytic Cracking*) yang biasa dipakai di Pertamina Balongan. Pemilihan katalis RCC ini karena kekuatan asam zeolit RCC lebih tinggi dibandingkan H-zeolit alam sehingga perengkahan akan menghasilkan fraksi hidrokarbon C₃ – C₄. Selain itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kondisi reaksi perengkahan agar fraksi hidrokarbon C₃ – C₄ yang dihasilkan optimum, sehingga penggunaan katalis RCC yang tidak perlu dipreparasi lagi akan lebih efisien.

Penelitian mengenai pengolahan minyak Jarak kebanyakan merupakan penelitian untuk pembuatan biodiesel atau biogasoline dari minyak jarak menggunakan proses transesterifikasi. Sebuah penelitian oleh telah berhasil membuat biodiesel dari minyak Jarak menggunakan metanol dengan variasi metanol 0.8 dan 1 gram pada suhu 50 C, dihasilkan yield biodiesel yang cukup baik yaitu 50-72 %. Jika dibandingkan dengan penelitian pembuatan biodiesel dari minyak jarak, hal ini menunjukkan kemiripan sehingga memperkuat hipotesa bahwa minyak Jarak juga dapat direngkah menjadi C₃ dan C₄

Penelitian terbaru di departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia mengenai sintesis fraksi utane dan utane dari minyak nabati menunjukkan potensi yang cukup baik. Dalam penelitian tersebut dilakukan proses perengkahan katalitik dengan bahan baku minyak kelapa sawit dengan katalis H-Zeolit. Proses perengkahan katalitik digunakan pada fasa cair dengan suhu reaksi 370° C dan rasio massa katalis/CPO = 1:125. Dihasilkan selektivitas produk C₃ sebesar 2.12% dan produk C₄ sebesar 11.53%. Hal ini menunjukkan bahwa sangat mungkin untuk menghasilkan produk C₃ dan C₄ dari minyak nabati. Sehingga dari hal ini, minyak jarak yang memiliki komposisi yang serupa dengan minyak kelapa sawit pun mungkin direngkah menjadi C₃ dan C₄.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana memperoleh hidrokarbon ringan fraksi C₃ dan C₄ dari minyak jarak, melalui proses reaksi perengkahan katalitik menggunakan katalis zeolit pada fasa cair dengan reaktor tumpak/*batch* pada tekanan atmosferik

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mensintesis hidrokarbon fraksi C₃ dan C₄ dari minyak kelapa sawit melalui reaksi perengkahan katalitik
2. Mengetahui produk-produk apa saja yang dihasilkan dalam reaksi

perengkahan dengan menggunakan katalis zeolit

3. Mengetahui suhu dan rasio massa katalis/minyak jarak yang optimum sehingga diperoleh fraksi propana dan butana dalam jumlah yang besar.
4. Menghitung konversi, yield dan selektivitas produk fraksi C₃ dan C₄ sebagai parameter efektivitas reaksi perengkahan katalitik.

I.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, penulis membatasi masalah sebagai berikut :

1. Perengkahan minyak jarak digunakan dengan metode perengkahan katalis dengan menggunakan katalis zeolit ZSM 5 yang banyak digunakan secara komersial pada proses RCC berbentuk butiran
2. Minyak Jarak yang digunakan merupakan *Straight Jatropha Oil* yang telah diolah untuk menghilangkan warna, bau, dan keasaman
3. Reaksi perengkahan dilakukan dengan menggunakan reaktor tumpak/*batch* pada tekanan atmosferik dengan fasa cair
4. Pengidentifikasian zat yang terbentuk dilakukan dengan analisis *Gas Chromatography (GC)*

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan seminar ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika tulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tinjauan pustaka yang membahas tentang minyak jarak/*Jatropha Oil*, hidrokarbon fraksi C₃ dan C₄ serta kegunaannya, sumber-sumber dan pengolahan fraksi C₃ dan C₄ dari minyak dan gas bumi, serta katalis zeolit yang digunakan dalam reaksi perengkahan katalitik.

BAB III METODE PENELITIAN

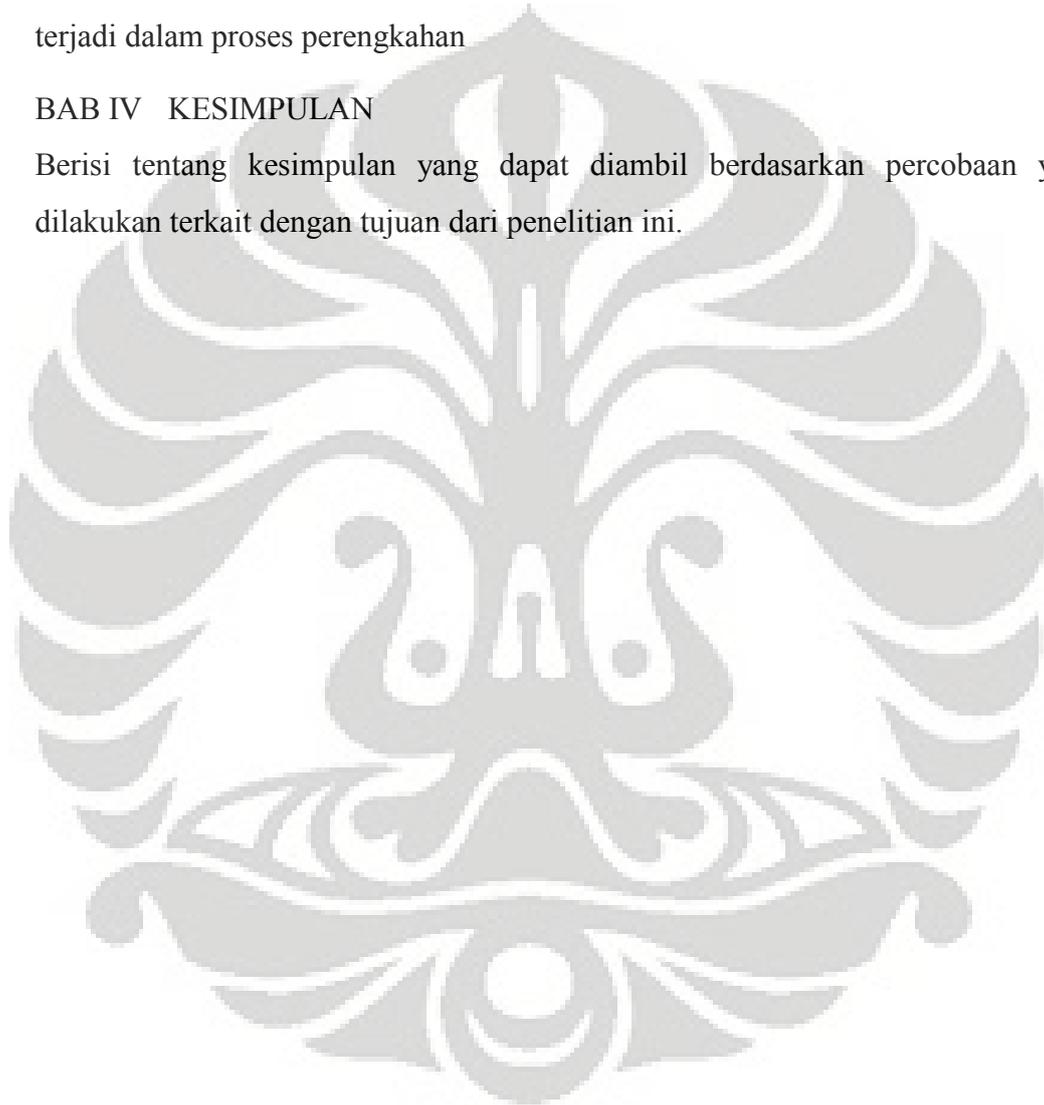
Berisi tentang diagram alir penelitian, peralatan, bahan dan prosedur yang digunakan dalam penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang penyajian data penelitian yang diperoleh, analisis kecenderungan pada berbagai variasi utane bebas, dan pembahasan mengenai fenomena yang terjadi dalam proses perengkahan

BAB IV KESIMPULAN

Berisi tentang kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan percobaan yang dilakukan terkait dengan tujuan dari penelitian ini.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.I Bahan Baku dan Produk

II.I.1 Minyak Jarak

Minyak Jarak adalah minyak nabati yang diekstrak dari biji buah tanaman Jarak yang telah matang. Tanaman Jarak merupakan tanaman yang sangat mudah ditemukan di Indonesia, dengan daya tahan hidup yang sangat tinggi. Tanaman jarak tidak memerlukan perawatan seperti halnya tanaman-tanaman lain. Minyak jarak sendiri merupakan minyak yang tidak dapat dimakan sehingga penggunaannya tidak akan bertentangan dengan penggunaan sebagai makanan. Minyak Jarak sendiri telah banyak digunakan pada jaman penjajahan sebagai bahan bakar untuk menyalakan obor



Gambar II.1 Gambar Tanaman Jarak Pagar (Wikipedia 2008.a)

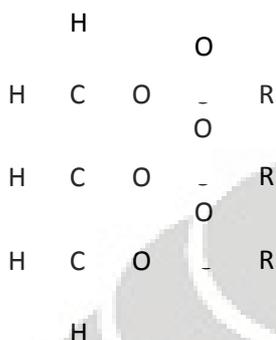
Saat ini, seiring dengan kenaikan harga minyak kelapa sawit dunia dan kontroversi mengenai penggunaan minyak edible sebagai bahan bakar, minyak jarak merupakan sumber daya hayati yang sedang ramai dijadikan bahan baku produksi bahan bakar terbarukan. Hal ini disebabkan oleh struktur kimianya dan ketersediaannya di Indonesia.

Sifat-sifat kimia minyak jarak (**Kandpal, 1994**) :

- | | |
|------------------|------------------------------------|
| 1. Densitas | : 0.920 g cm ⁻³ at 20 C |
| 2. Flash Point | : 236 C |
| 3. Cetane number | : 48-52 |
| 4. Viskositas | : 52 |
| 5. Phospor | : 290 ppm |
| 6. Glycerine | : - |

7. Metanol :-

Trigliserida merupakan kandungan terbesar dalam minyak jarak dengan rumus molekul seperti diberikan pada Gambar II.1



Gambar II-2. Struktur Triglicerida dalam Minyak Jarak

Seperti terlihat pada Gambar II.1, R₁, R₂, dan R₃ merupakan rantai hidrokarbon panjang yang menyerupai rantai hidrokarbon yang terkandung di dalam minyak bumi. Rantai hidrokarbon tersebut berupa asam lemak yang terikat pada struktur trigliserida. Asam-asam lemak tersebut memiliki ikatan jenuh dan ikatan tak jenuh, yaitu ikatan rangkap dua. Pada Tabel II-1 diberikan jenis asam lemak yang terkandung dalam minyak jarak. Angka di dalam kurung menunjukkan jumlah atom karbon dan jumlah ikatan rangkap di dalamnya.

Tabel II-1. Kandungan asam lemak pada minyak Jarak

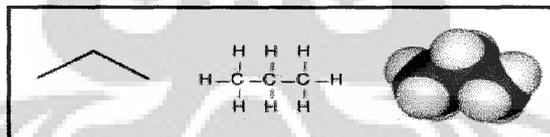
Nama umum	Nama sistematik	Persentase
<i>Asam lemak jenuh</i>		
Laurat (12:0)	n-dodekanoat	< 1
Palmitat (16:0)	n-hexadekanoat	16
Miristat (14:0)	n-tetradekanoat	0.38
Stearat (18:0)	n-oktadekanoat	6-7
Arakhidat (20:0)	n-eikosanoat	< 1
<i>Asam lemak tak jenuh</i>		
Oleat (18:1)	n-oktadek-9-enoat	42-43.5
<i>Asam lemak poly-tak jenuh</i>		
Linoleat (18:2)	n-oktadek-9,12-dienoat	33-34.5

Layaknya pada proses perengkahan minyak bumi, maka ikatan hidrokarbon pada asam lemak – asam lemak inilah yang berusaha dipotong. Tujuannya adalah menghasilkan panjang rantai hidrokarbon yang diinginkan, yaitu fraksi utane dengan hidrokarbon $C_5 - C_{12}$ ataupun fraksi hidrokarbon $C_3 - C_4$ untuk bahan baku petrokimia dan LPG.

Pada penelitian ini, digunakan minyak jarak straight atau *Straight Jatropha Oil* yang merupakan minyak jarak yang pertama-tama telah diolah terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar keasamannya.

II.1.2 Propana

Propana (C_3H_8) merupakan senyawa alkana dengan tiga atom karbon yang biasanya diperoleh dari hasil pengilangan minyak bumi dan pengolahan gas bumi. Pada suhu kamar utane berwujud gas, tetapi dalam penggunaannya utane dikompres agar mudah ditransportasikan. Struktur molekul utane diperlihatkan pada Gambar II-1



Gambar II-3. Struktur molekul utane (C_3H_8) (Wikipedia, 2007b)

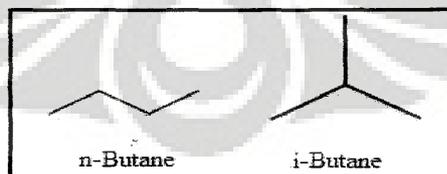
Propana merupakan produk samping dari proses pengolahan minyak bumi dan gas bumi. Pada kilang minyak bumi, utane merupakan produk ringan dari distilasi atmosferik dan hasil samping dalam reaksi perengkahan katalitik fraksi berat untuk menghasilkan *gasoline* (bensin). Pada pengolahan gas bumi terdapat proses pemisahan etana, utane, dan utane dari umpan untuk menghindari kondensasi pada pipa gas bumi. Sifat fisik dan kimia dari utane diberikan pada Tabel II- di bawah ini

Tabel II-2. Sifat fisik dan kimia utane(Wikipedia, 2008c)

Rumus Molekul	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃
Massa Molar	44.096 gr/mol
Bentuk Senyawa	Gas yang tidak bewarna
Nomor CAS	[74-98-6]
Densitas / Fasa	1.83 kg/m ³ dalam fasa gas 507.7 kg/m ³ dalam fasa cair
Titik Leleh	-187.6°C
Titik Didih	-42.09°C
Titik Nyala	-104°C
Kelarutan dalam Air	1 gr/cm ³ (37.8°C)

II.1.3 Butana

Butana (n-butana, C₄H₁₀) merupakan rantai lurus hidrokarbon dengan empat atom karbon. Seperti diperlihatkan pada Gambar II-2, utane memiliki isomer yang dikenal dengan utan-propana atau iso-butana (i-butana). Sifat-sifat dari utane diberikan pada Tabel II-3



Gambar II-4. N-butana dan i-butana (Wikipedia, 2008 d)

Tabel II-3. Sifat n-butana (Wikipedia, 2007a)

Rumus Molekul	CH-C ₂ -CH ₂ -CH ₃
Massa Molar	58.08 gr/mol
Bentuk Senyawa	Gas yang tidak bewarna
Nomor CAS	[106-97-81]
Densitas / Fasa	2.52 kg/m ³ dalam fasa gas 584 kg/m ³ dalam fasa cair
Titik Leleh	-138°C
Titik Didih	-0.5°C
Titik Nyala	-60°C
Kelarutan dalam Air	61 gr/cm ³ (20°C)

II.1.4 LPG (liquified petroleum gas)

LPG merupakan campuran hidrokarbon kompleks dengan 1-5 atom karbon berupa campuran utane, propylene, utane, dan hidrokarbon berat lainnya (Nett Technology Inc., 2007a). Spesifikasi standar kandungan LPG ditampilkan dalam Tabel II-i

Tabel II-4. Kandungan LPG(Nett Technology Inc., 2007a)

Komposisi LPG (U.S. HD-5 standard)	
Propane	min.85% volume (cair)
Propylene	max.5% volume (cair)
Butane & heavier HC	max. 2.5% volume (cair)
Sulfur	120 ppm

Dapat dilihat bahwa LPG terdiri atas hidrokarbon rantai pendek. Hal ini menyebabkan pembakaran LPG jauh lebih sempurna dibandingkan minyak tanah. LPG memiliki efisiensi utane 40% dan nilai kalor 3.7 juta Btu/barrel (Purwanto, et al., 2006) atau 19757 Btu/lbm (41.7 giga joule/m³). Oleh karena itu, efisiensi utane LPG lebih besar sekitar 8% dibandingkan bensin atau dua kali lipat dari utane yang dapat dihasilkan minyak tanah per satuan massa yang sama (Nett

Technology Inc., 2007b). Akibatnya, harga jual LPG pun jauh lebih tinggi dari pada minyak tanah dan bensin. Tingginya efisiensi utane LPG ini menyebabkan rendahnya emisi pembakaran LPG seperti pada Tabel II-5

Tabel II-5. Emisi pembakaran LPG(Nett Technology Inc., 2007a)

Emisi Pembakaran LPG		
CO	HC	NO _x
0.2 – 2 %vol	50 – 750 ppm Cl	250 – 2000 vppm

Pada Tabel I-1 dapat dilihat perbandingan antara minyak tanah dan LPG. Berdasarkan ringkasan tersebut terlihat bahwa, program konversi minyak tanah menjadi LPG merupakan hal yang penting untuk segera dilaksanakan karena :

1. Dapat menurunkan dana total pengeluaran dan subsidi pemerintah
2. Menekan total pembuangan emisi akibat pembakaran bahan bakar minyak

Sifat-sifat LPG yang lain adalah sebagai berikut (Wikipedia, 2007b) :

- fasa cair dan gasnya sangat mudah terbakar
- fasa gasnya tidak beracun, tidak berwarna dan biasanya berbau menyengat akibat penambahan senyawa sulfur (*mercaptan*) sebagai pengindikasi kebocoran LPG
- dikomersilkan sebagai fasa cair yang bertekanan di dalam tangki
- fasa cairnya dapat menguapjika dilepas dan menyebar dengan cepat
- fasa gasnya lebih berat dari udara sehingga akan banyak menempati daerah yang lebih rendah (dekat dasar lantai)

Berdasarkan spesifikasinya, LPG digolongkan menjadi LPG campuran, LPG utane, dan LPG utane. LPG yang dipasarkan oleh Pertamina merupakan LPG campuran. Oleh karena itu, kualitas LPG Indonesia masih tergolong kurang baik karena kemurniannya rendah dan masih banyak terdapat fraksi hidrokarbon berat.

II. 1.5 Katalis Zeolit RCC (*residue catalytic cracking*)

Katalis RCC merupakan katalis zeolit sintetis berupa mineral tektosilikat yang terdiri dari unit-unit tetrahedral $[\text{AlO}_4]^{-5}$ dan $[\text{SiO}_4]^{-4}$ yang saling berhubungan melalui atom O (Satterfield, 1991). Atom pusat zeolit dapat berupa Si^{4+} atau Al^{3+} . Jika ion Si^{4+} menempati pusat zeolit, maka molekul tetrahedral akan menjadi lebih elektropositif dan melemahkan ikatan atom O–H sehingga meningkatkan keasaman zeolit. Hal ini menyebabkan senyawa oksida kombinasi aluminosilikat seperti zeolit memiliki kekuatan asam yang lebih tinggi dibandingkan oksida tunggalnya Al_2O_3 dan SiO_2 (Richardson, 1989).

Sifat-sifat katalis zeolite :

a) Shape Selectivity

Berikut ini adalah perbedaan selektifitas katalis yang dipengaruhi bentuk oleh Haag (1994) :

1. Selektivitas dipengaruhi difusi : Selektifitas dipengaruhi oleh laju relatif difusi oleh reaktan atau produk, dengan kata lain kinetik dari transfer massa pada reaksi.
2. Selektifitas dipengaruhi Sorption : Prinsip dari katalis jenis ini adalah perbedaan konstanta kesetimbangan penyerapan dari reaktan-reaktan, biasanya secara termodinamik, bukan secara kinetik.

b) Keasaman

Bentuk asam dari zeolite merupakan faktor penting dari aplikasi katalitik zeolit. Jika ion aluminium yang trivalen disubstitusi secara isomorphous dengan ion silikon yang quadrivalen, dalam susunan kristal silika yang membentuk tetrahedral, total muatan negatif yang ada perlu distabilisasi dengan ion positif seperti proton. Ion positif ini dapat diperoleh dari disosiasi molekul air, membentuk gugus hidroksil pada atom aluminium. Struktur yang terbentuk, dimana ion aluminium dan silikon terkoordinasi secara tetrahedral, merupakan

asam bronsted. Jika struktur ini dipanaskan, molekul air pada susunan akan hilang, dan lokasi asam bronsted akan terkonversi menjadi asam lewis. Berikut ini adalah contoh struktur asam bronsted dan lewis pada zeolit :

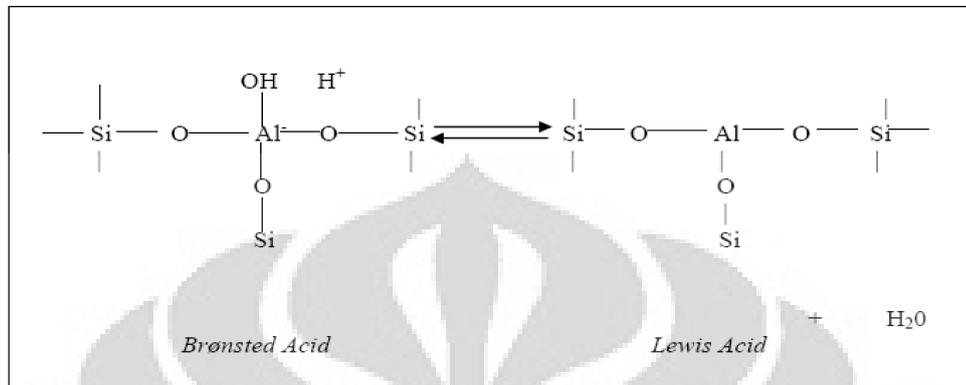


Figure 2.8 Brønsted acid and Lewis acid structure (Satterfield, 1991)

Gambar II-5 Struktur Asam Bronsted dan Asam Lewis (Satterfield.1991)

Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan katalis zeolit sintesis agar mampu merengkah minyak kelapa sawit hingga membentuk fraksi hidrokarbon C₃ dan C₄. Selain itu, katalis RCC selama ini dipakai di pengilangan minyak Pertamina Balongan untuk merengkah residu hasil distilasi minyak bumi. Dengan kata lain, keunggulan katalis ini adalah kemampuannya merengkah hidrokarbon berat yang menyerupai rantai hidrokarbon panjang dalam struktur gliserida CPO.

Katalis RCC merupakan zeolit tipe ZSM-5 yang telah lama digunakan dalam proses sintesis *gasoline* dengan nilai oktan tinggi. Katalis ZSM-5 memiliki struktur kristal 2 dimensi seperti dapat dilihat pada Gambar II-7. Katalis ini memiliki ukuran pori yang lebih kecil dari tipe *faujasite*, yaitu 0.54-0.56 nm dan memiliki 10 atom O yang mengelilingi porinya (Rase, 2000).

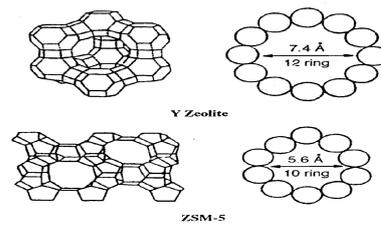


FIGURE 18.29 Framework Structures and Projections of Y and ZSM-5 Zeolites. Chen, Y. and Deguan, T. F., *Chemical Engineering Progress*, p. 32, Feb. 1998. Reproduced with permission of the American Institute of Chemical Engineers. Copyright © 1988 AIChE. All rights reserved.

Gambar II-6. Struktur utane katalis ZSM-5 (Rase, 2000)

Kristal katalis RCC ini memiliki karakteristik sebagai berikut (Gracedavidson, 2002) :

- Luas permukaan : 200 – 800 m²/g
- Volume pori : 0.1 – 2.6 m³/g

Struktur pori katalis ZSM-5 sangat unik yang mana akan bersifat selektif merengkah struktur paraffin yang merupakan komponen oktan rendah. Hal ini menyebabkan ZSM-5 memiliki selektivitas yang tinggi dalam menghasilkan *gasoline* dengan nilai oktan tinggi.

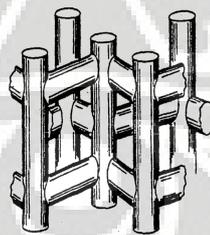


FIGURE 18.31 Channel Structure of ZSM-5. The vertical channels are elliptical (5.7 x 5.1 Å), and the horizontal channels are nearly circular (5.4–5.6 Å) and sinusoidal. Reprinted by permission: Kokotailo, C. T., Lawton, S. L., Olson, D. H., and Meir, W. M., *Nature*, p. 437, March 30, 1978. Copyright 1978, Macmillan Magazines, Ltd.

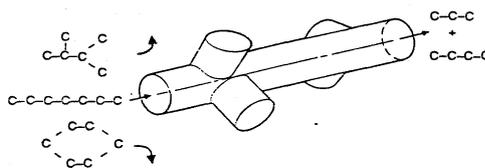


FIGURE 18.32 Illustration of Shape-Selective Cracking with ZSM-5 zeolite. Reprinted from Scherzer, J., *Catalysis Reviews: Science & Engineering*, 31 (3), 215 (1989) by courtesy of Marcel Dekker, Inc.

Gambar II-7. Struktur pori pada utane katalis ZSM-5 (Rase, 2000)

Oleh karena rantai hidrokarbon panjang dalam struktur gliserida CPO merupakan struktur paraffin, maka CPO akan secara efektif terengakah menjadi fraksi hidrokarbon C₃ dan C₄ seperti diperlihatkan pada Gambar II-7

II.2 Proses Perengkahan Minyak Bumi

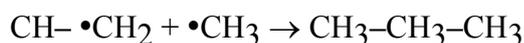
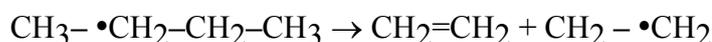
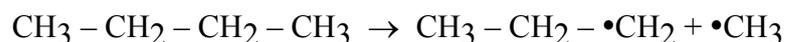
Perengkahan minyak bumi merupakan proses pemutusan ikatan hidrokarbon panjang yang terutama bertujuan untuk menghasilkan produk turunannya seperti bensin, solar, dll. Pada prosesnya dihasilkan pula hidrokarbon ringan berupa fraksi gas C₁ – C₄ dan residu. Pada dasarnya proses perengkahan dapat dilakukan dengan metode perengkahan termal atau perengkahan katalitik (Speight, 1991).

II.2.1 Perengkahan Termal

Perengkahan termal adalah proses pemutusan rantai hidrokarbon panjang dengan menggunakan utane kalor dari proses pemanasan.

Suatu ikatan dalam rantai hidrokarbon yang telah diputuskan oleh utane kalor akan membentuk dua buah radikal bebas yang merupakan sebuah atau sekumpulan atom dengan utane bebas yang tidak berpasangan. Radikal bebas ini kemudian akan menyerang atom utane pada hidrokarbon lain untuk membentuk senyawa yang lebih stabil. Pada reaksi perengkahan termal ini tidak terbentuk senyawa dengan rantai bercabang karena reaksi yang melibatkan radikal bebas tidak dapat membentuk senyawa isomer atau tidak terjadi isomerisasi reaksi

perengkahan termal yang melibatkan pembentukan radikal bebas adalah



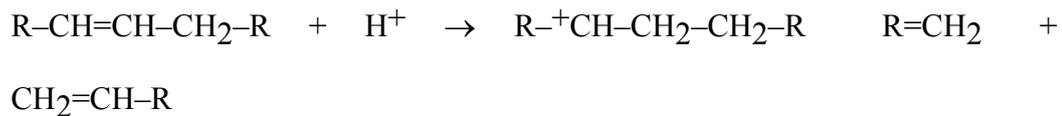
Kelemahan dari proses perengkahan termal adalah dibutuhkannya utane kalor yang besar untuk memutuskan ikatan hidrokarbon. Pada perengkahan minyak bumi sendiri biasanya diperlukan suhu operasi hingga 455-540°C (Speight, 1991). Selain itu, pemutusan ikatan karbon tidak dapat dikontrol sehingga tidak dapat ditentukan jenis reaksi yang terjadi dan ikatan mana yang akan diputus. Inilah sebabnya tidak ada lagi kilang minyak yang menggunakan metode perengkahan termal. Saat ini, perengkahan termal hanya digunakan pada utane petrokimia pada proses pembuatan etilen dan propilen (Iswara, 2006).

II.2.2 Perengkahan Katalitik

Perengkahan katalitik merupakan proses pemutusan rantai hidrokarbon panjang dengan menggunakan bantuan katalis (Speight, 1991). Penggunaan katalis akan menurunkan utane aktivasi reaksi sehingga utane kalor yang dibutuhkan lebih sedikit. Hal ini menyebabkan reaksi perengkahan katalitik dapat dilangsungkan pada suhu operasi lebih rendah dibandingkan dengan perengkahan termal sehingga lebih ekonomis dan aman.

Pada perengkahan katalitik digunakan katalis asam yang akan menyebabkan pembentukan karbokation. Karbokation merupakan atom karbon yang bermuatan positif pada suatu rantai hidrokarbon. Karbokation ini kemudian akan membentuk senyawa yang lebih stabil. Proses pembentukan karbokation dapat berlangsung melalui mekanisme sebagai berikut (Iswara, 2006) :

1. Penambahan proton (H^+) dari katalis asam seperti reaksi berikut



Pada reaksi di atas, katalis asam bertindak sebagai penyumbang proton kepada hidrokarbon dan disebut sebagai asam Bronsted

2. Penghilangan ion hidrida (H^-) dari hidrokarbon oleh katalis asam



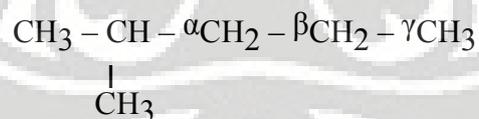
Pada reaksi di atas, katalis asam bertindak sebagai penerima proton dari hidrokarbon dan disebut sebagai asam Lewis

Karbokation yang terbentuk pada perengkahan katalitik menyebabkan terjadinya reaksi isomerisasi (pembentukan rantai cabang) dan eliminasi (pembentukan ikatan rangkap) sehingga produknya lebih bervariasi dibandingkan pada perengkahan termal. Selain itu, kelebihan perengkahan katalitik adalah pemutusan ikatan hidrokarbon terjadi pada suatu lokasi tertentu tidak secara acak seperti pada perengkahan termal (Speight, 1991). Contohnya adalah

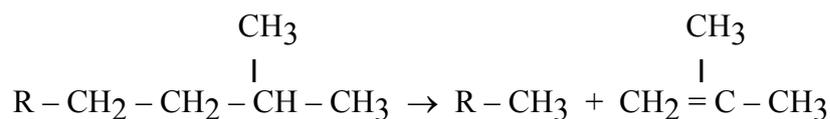
Hidrokarbon paraffin cenderung terengkah pada ikatan karbon γ



Hidrokarbon isoparaffin terengkah berturut-turut pada ikatan karbon γ dan β terhadap karbon tersier



Hidrokarbon panjang cenderung terengkah menjadi produk dengan 3 – 4 atom karbon



Selain kelebihan-kelebihan di atas, pada pengolahan minyak bumi, perengkahan katalitik lebih disukai karena menghasilkan lebih sedikit residu dan

lebih banyak fraksi *gasoline* dan fraksi ringan C₁ – C₄. Pada proses perengkahan katalitik minyak bumi, katalis yang sering digunakan adalah ZSM-5 (Speight, 1991) yang dapat diatur tingkat keasamannya berdasarkan rasio kandungan Si/Al. Tingkat keasaman katalis berperan penting dalam mengontrol reaksi yang terjadi. Penggunaan katalis dengan keasaman rendah akan menghasilkan reaksi pemutusan ikatan tak jenuh yang lebih lemah. Sedangkan penggunaan katalis dengan keasaman tinggi akan mampu memutuskan ikatan jenuh hidrokarbon.

II.3 Pembuatan Fraksi C₃ dan C₄ dari Minyak Jarak

Karena kemiripan yang sama antara kandungan minyak jarak dan minyak kelapa sawit, yaitu mengandung hidrokarbon rantai panjang, seperti yang ditunjukkan oleh tabel di bawah ini :

Tabel II-6. Perbandingan Kandungan Trigliserida Minyak Jarak, Sawit, dan Kelapa (Gibbitz, 1998)

Fatty Acid	Jatropha	Palm	Coconut
Caprylic Acid, (C8:0)	-	-	8
Capric Acid, (C10:0)	-	-	8
Lauric Acid, (C12:0)	-	-	48
Myristic Acid, (C14:0)	0.38	3.5	16.0
Palmitic Acid, (C16:0)	16.0	39.5	8.5
Palmetoleic Acid, (C16:1)	1-3.5	-	-
Stearic Acid, (C18:0)	6-7	3.5	2.5
Oleic Acid, (C18:1)	42-43.5	46	6.5
Linoleic Acid, (C18:2)	33-34.5	7.5	2.0
Linolenic Acid, (C18:3)	0.8	-	-

Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan yang sama dapat dilakukan antara minyak jarak dan minyak kelapa sawit. Diharapkan perlakuan yang sama tersebut dapat menghasilkan komponen C₃ dan C₄ yang sama atau bahkan lebih besar antara minyak Jarak dan minyak Kelapa sawit.

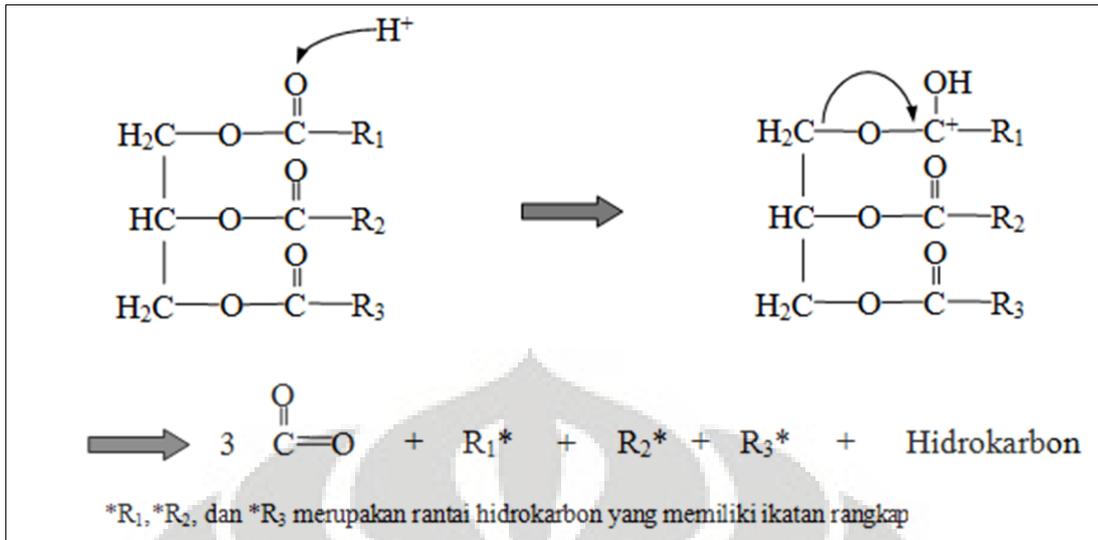
Perengkahan katalitik minyak kelapa sawit yang telah diteliti selama ini

terutama adalah bertujuan untuk menghasilkan *biogasoline* (fraksi $C_5 - C_{11}$). Pada prosesnya dihasilkan pula fraksi C_3 dan C_4 dalam jumlah yang signifikan. Twaiq dkk membuktikan bahwa perengkahan katalitik minyak kelapa sawit pada tekanan atmosfer dan suhu 500°C dapat menghasilkan konversi 95.99 %berat dengan yield 36.45 %berat fraksi *gasoline* dan 12.54 %berat fraksi $C_1 - C_4$. Pada penelitian ini reaksi dilangsungkan secara *semi continuous* di dalam *fixed bed reactor* dengan menggunakan katalis ZSM-5 dengan rasio massa katalis/CPO = 1:7.2 dan rasio Si/Al = 61 (Twaiq, Zabidi, & Bhatia, Catalytic Conversion of Palm Oil Over Mesoporous Aluminosilicate MCM-41 for Production of Liquid Hydrocarbon Fuels, 2003).

Selain itu, pada proses pembuatan biogasoline dengan katalis H-zeolit alam, melalui reaksi perengkahan minyak kelapa sawit dalam *fixed bed reactor* pada fasa cair, tekanan atmosferik, suhu 320°C , dan rasio massa katalis/CPO = 1:75, diperoleh konversi 21.36 %berat dengan yield 58 %berat fraksi *biogasoline* dan 6 %berat fraksi $C_1 - C_4$ (Iswara, 2006).

Secara ringkas, proses perengkahan minyak kelapa sawit ini terdiri atas beberapa tahap (Iswara, 2006), yaitu:

1. Penghilangan gugus CO_2 pada trigliserida dan pembentukan hidrokarbon dengan katalis asam



Gambar II-8. Reaksi penghilangan gugus CO₂

Seperti terlihat pada Gambar II-8, pada tahap ini ion H⁺ dari katalis akan menyerang atom O pada C=O sehingga terbentuk karbokation (senyawa karbon bermuatan positif) dan memutuskan rantai ikatan CO₂-C pada ester sehingga menghasilkan CO₂ dan senyawa hidrokarbon yang berasal dari asam lemak. Setelah penghilangan CO₂, jenis hidrokarbon yang dihasilkan dari berbagai asam lemak diberikan pada Tabel II-7

Tabel II-7. Asam lemak dan hidrokarbon yang terbentuk pada penghilangan CO₂

Asam Lemak	Hidrokarbon
CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	CH ₃ (CH ₂) ₁₃ CH ₃
Asam palmitat	Pentadekana
CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	CH ₃ (CH ₂) ₁₅ CH ₃
Asam steartat	Heksadekana
CH ₃ (CH ₂) ₇ CH = CH(CH ₂) ₆ COOH	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH = CH(CH ₂) ₅ CH ₃
Asam oleat	5-Pentadekana
CH ₃ (CH ₂) ₄ CH = CH(CH ₂) ₇ COOH	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH = CH(CH ₂) ₆ CH ₃
Asam linoleat	4,7-Heksadekana

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ <p>Asam linoleat</p>	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$ <p>3,6,9-Oktadetriena</p>
---	--

2. Reaksi Perengkahan dengan katalis asam



Gambar II-9. Reaksi perengkahan hidrokarbon (R₁)

Pada Gambar II-9 terlihat bahwa ikatan pada hidrokarbon (R₁) yang terbentuk akan diserang oleh ion H⁺ pada katalis asam sehingga ikatan karbon terengkah membentuk rantai karbon yang lebih pendek. Perengkahan semacam ini dilakukan hingga dihasilkan rantai hidrokarbon dengan 3 – 4 atom karbon.

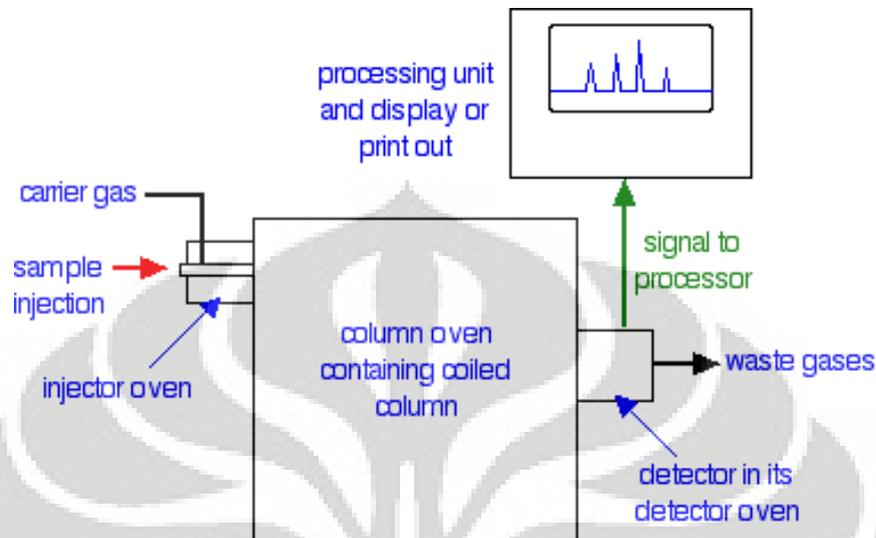
Berdasarkan pemaparan di atas dapat disimpulkan bahwa fraksi C₃ dan C₄ dapat dihasilkan dari minyak kelapa sawit melalui reaksi perengkahan katalitik apabila katalis yang digunakan dapat melakukan perengkahan lebih lanjut setelah terbentuknya fraksi *biogasoline*.

II.4 Metode Analisa

II.4.1 Kromatografi Gas

Kromatografi gas-cair (biasa disebut kromatografi gas) merupakan analisis yang biasa digunakan untuk menganalisa kandungan sampel dalam wujud gas. Prinsip kerja dari gas kromatografi ada menginjeksikan gas ke bersama gas pembawa (*Carrier Gas*) lalu dianalisa berdasarkan laju migrasi gas tersebut.

Instrumen dalam gas kromatografi



Gambar II-10. Diagram alir kromatografi gas-cair

IV. Injektor sampel

Injektor sampel, yang berguna sebagai jalan masuk sampel ke dalam kolom kromatografi memiliki berbagai fungsi. Selain fungsinya sebagai alat memasukkan sampel, injektor juga berguna untuk menguapkan, mencampurkan sampel dengan gas pembawa, dan membawa sampel ke bagian atas kolom. Penggunaan injektor otomatis akan meningkatkan tingkat presisi sampel.

Contoh jenis-jenis injektor :

1. Direct Vaporization injector
2. Split/Splitless injector
3. Cold on Column Injector

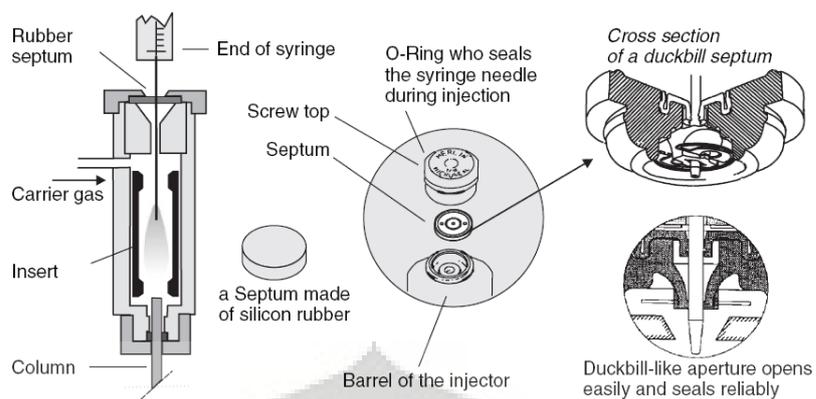


Figure 2.4 *Direct vaporization injector used for packed columns.* Typical schematic of a model employing a septum. Depending upon the function required a wide range of inserts exist. Right, a variety of self-sealing septum (the 'Microseal' Merlin), which can be used thousands of times (reproduced courtesy of Agilent Technologies).

Gambar II.11 Contoh Injektor Kromatografi Gas

IV. Kolom kromatografi

Kolom kromatografi merupakan tempat dimana terjadi pemisahan antara gas sampel dan gas pembawa, dan untuk menentukan waktu retensi dari sampel. Ada 2 macam kolom yang biasa digunakan dan memiliki kemampuan yang berbeda-beda yaitu packed column dan capillary column

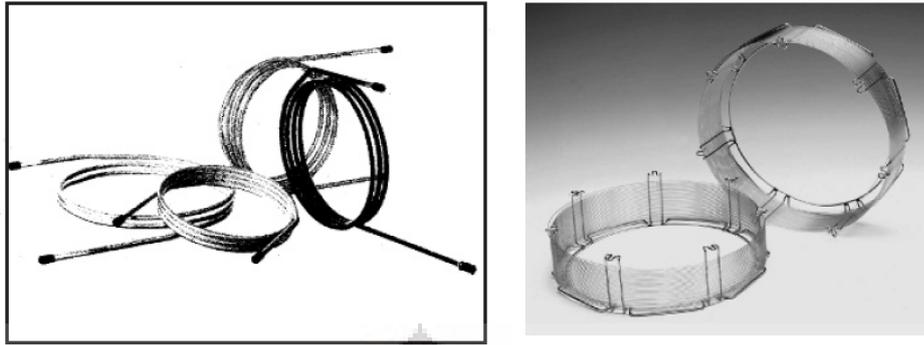


Figure 2.8 Examples of packed (left) and capillary (right) columns (reproduced courtesy of Alltech)

Gambar II-12 Gambar Kolom Kromatografi Kapiler dan Packed

II.4.2 Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR)

Pada dasarnya Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) adalah sama dengan Spektrofotometer IR utane, yang membedakannya adalah pengembangan pada sistim optiknya sebelum berkas sinar infra merah melewati contoh. Dasar pemikiran dari Spektrofotometer FTIR adalah dari persamaan gelombang yang dirumuskan oleh Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) seorang ahli matematika dari Perancis. Fourier mengemukakan deret persamaan gelombang elektronik sebagai :

$$a_0 + a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t + a_2 \cos 2 \omega t + b_2 \sin 2 \omega t \dots\dots(2.1)$$

dimana :

- *a* dan *b* merupakan suatu tetapan

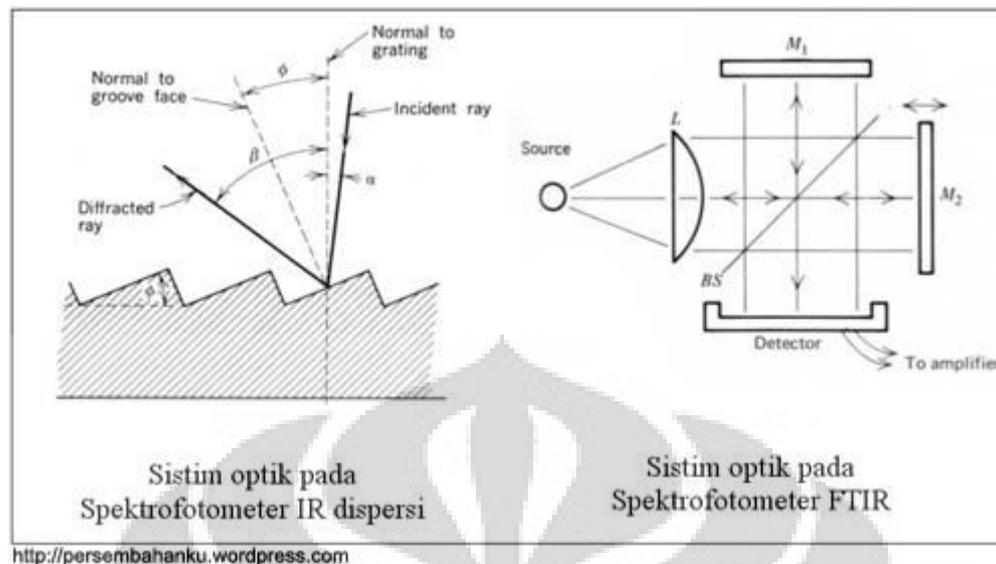
- t adalah waktu
- ω adalah frekwensi sudut (radian per detik) ($\omega = 2 \Pi f$ dan f adalah frekwensi dalam Hertz)

Dari deret Fourier tersebut intensitas gelombang dapat digambarkan sebagai daerah waktu atau daerah frekwensi. Perubahan gambaran intensitas gelombang radiasi elektromagnetik dari daerah waktu ke daerah frekwensi atau sebaliknya disebut Transformasi Fourier (*Fourier Transform*).



Gambar II-13. Instrumentasi FTIR

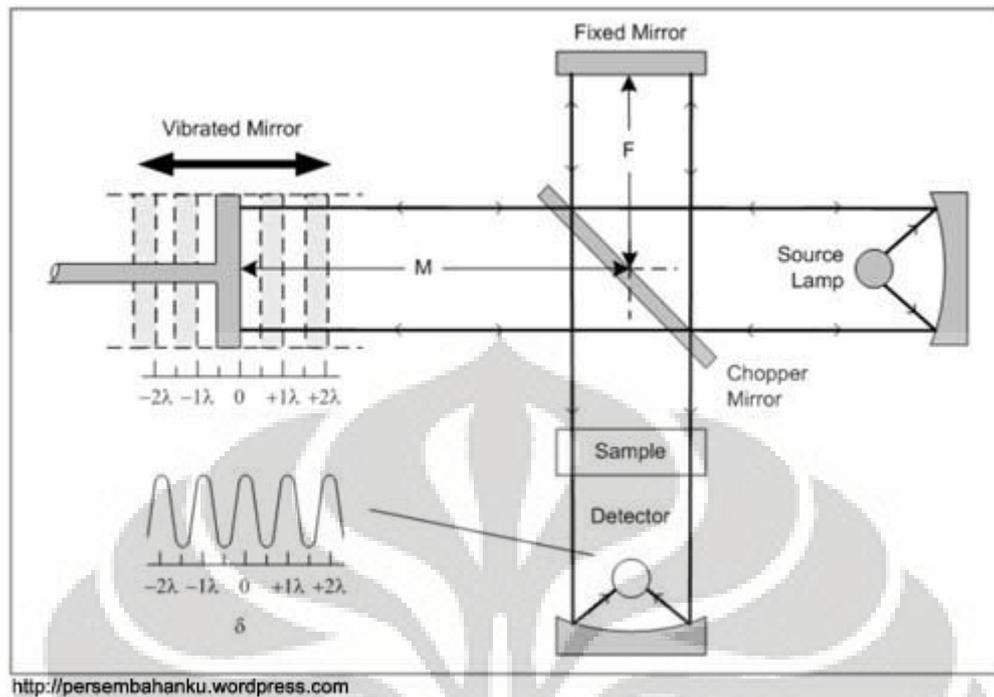
Selanjutnya pada sistim utan peralatan utaneus FTIR dipakai dasar daerah waktu yang non utaneus. Sebagai contoh aplikasi pemakaian gelombang radiasi elektromagnetik yang berdasarkan daerah waktu adalah interferometer yang dikemukakan oleh Albert Abraham Michelson (Jerman, 1831). Perbedaan sistim utan Spektrofotometer IR utaneus (*Hadamard Transform*) dan Interferometer Michelson pada Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform*) tampak pada gambar berikut :



Gambar II-14. Perbedaan sistem Spektrofotometer IR dan FTIR

Cara Kerja Alat Spektrofotometer FTIR

Sistim utan Spektrofotometer FTIR seperti pada gambar dibawah ini dilengkapi dengan cermin yang bergerak tegak lurus dan cermin yang diam. Dengan demikian radiasi infra merah akan menimbulkan perbedaan jarak yang ditempuh menuju cermin yang bergerak (M) dan jarak cermin yang diam (F). Perbedaan jarak tempuh radiasi tersebut adalah 2 yang selanjutnya disebut sebagai retardasi (δ). Hubungan antara intensitas radiasi IR yang diterima utane terhadap retardasi disebut sebagai interferogram. Sedangkan sistim utan dari Spektrofotometer IR yang didasarkan atas bekerjanya interferometer disebut sebagai sistim utan *Fourier Transform Infra Red*.



Gambar II-15. Cara Kerja FTIR

Pada sistem FTIR digunakan radiasi LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) yang berfungsi sebagai radiasi yang diinterferensikan dengan radiasi infra merah agar sinyal radiasi infra merah yang diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik.

Detektor yang digunakan dalam Spektrofotometer FTIR adalah TGS (*Tetra Glycerine Sulphate*) atau MCT (*Mercury Cadmium Telluride*). Detektor MCT lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan detektor TGS, yaitu memberikan respon yang lebih baik pada frekuensi modulasi tinggi, lebih cepat, tidak dipengaruhi oleh suhu, sangat selektif terhadap vibrasi yang diterima dari radiasi infra merah.

II. 5 Penelitian-penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pembuatan bahan bakar dari minyak nabati sudah banyak dilakukan di Indonesia, juga di Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia. Penelitian terdahulu mengenai pengolahan minyak nabati menjadi bahan bakar adalah pengolahan minyak kelapa sawit menjadi biodiesel melalui perengkahan katalitik dengan katalis ZSM-5 oleh Twaiq dkk. Twaiq dkk. Telah berhasil mendapatkan konversi 95.99 %berat dengan yield 36.45 %berat fraksi gasoline dan 12.54 %berat fraksi C₁ – C₄ . Proses ini dilangsungkan secara *semi utaneus* dalam *fixed bed reactor* pada fasa gas, tekanan atmosferik, dan suhu 500°C. Katalis yang digunakan adalah ZSM-5 yang memiliki selektivitas tinggi dalam menghasilkan gasoline dengan nilai oktan tinggi. Katalis ZSM-5 ini dipreparasi sendiri dengan rasio Si/Al = 61 dan rasio massa katalis/CPO = 1 : 7.2 .

Penelitian selanjutnya adalah pembuatan biogasoline dengan katalis H-zeolit alam, pembuatan biodiesel ini dilakukan dengan reaksi perengkahan katalitik minyak kelapa sawit dilakukan secara batch pada fasa cair, tekanan atmosferik, suhu 320⁰C, dan rasio massa katalis/CPO = 1:75. Hasilnya diperoleh biogasoline dengan konversi 21.36 %berat dan *yield* sebesar 58 %berat. Selain itu, dihasilkan pula fraksi C₁ – C₄ sekitar 6 %berat (Iswara, 2006).

Berdasarkan penelitian tersebut, maka untuk mengoptimalkan konversi minyak kelapa sawit dan yield fraksi hidrokarbon C₃ dan C₄ pada penelitian ini akan digunakan katalis zeolit. Katalis zeolit yang digunakan adalah katalis RCC (*Residue Catalytic Cracking*) yang selama ini telah secara komersial digunakan pada proses perengkahan katalitik *long residu* minyak bumi di Pertamina Balongan.

Pemilihan katalis RCC ini karena kekuatan asam zeolit RCC lebih tinggi dibandingkan H-zeolit alam sehingga perengkahan akan menghasilkan fraksi hidrokarbon C₃ – C₄. Selain itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kondisi reaksi perengkahan agar fraksi hidrokarbon C₃ – C₄ yang dihasilkan optimum, sehingga penggunaan katalis RCC yang tidak perlu dipreparasi lagi akan

lebih efisien.

Berdasarkan hal di atas, terlihat bahwa pada proses perengkahan katalitik minyak kelapa sawit, pada fasa cair dan tekanan atmosferik, yang awalnya bertujuan untuk menghasilkan fraksi gasoline, ternyata juga menghasilkan fraksi utane dan utane. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan digunakan katalis dengan kekuatan asam yang lebih tinggi dan dicari suatu kondisi operasi (suhu dan rasio massa katalis/CPO) agar dapat lebih mengoptimalkan konversi dan yield fraksi utane dan utane.

Penelitian mengenai pengolahan minyak Jarak kebanyakan merupakan penelitian untuk pembuatan biodiesel atau biogasoline dari minyak jarak menggunakan proses transesterifikasi. Penelitian oleh Ms Anuradha Nanewar telah berhasil membuat biodiesel dari minyak Jarak menggunakan metanol dengan variasi metanol 0.8 dan 1 gram pada suhu 50 C, dihasilkan yield biodiesel yang cukup baik yaitu 50-72 %. Jika dibandingkan dengan penelitian pembuatan biodiesel dari minyak jarak, hal ini menunjukkan kemiripan sehingga memperkuat hipotesa bahwa minyak Jarak juga dapat direngkah menjadi C₃ dan C₄

Penelitian terbaru di departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia mengenai sintesis fraksi utane dan utane dari minyak nabati oleh Muhammad Hidayat menunjukkan potensi yang cukup baik. Dalam penelitian sebelumnya digunakan proses perengkahan katalitik dengan bahan baku minyak kelapa sawit dengan katalis H-Zeolit. Proses perengkahan katalitik digunakan pada fasa cair dengan suhu reaksi 370° C dan rasio massa katalis/CPO = 1:125. Dihasilkan selektivitas produk C₃ sebesar 2.12% dan produk C₄ sebesar 11.53%. Hal ini menunjukkan bahwa sangat mungkin untuk menghasilkan produk C₃ dan C₄ dari minyak nabati. Sehingga dari hal ini, minyak jarak yang memiliki komposisi yang serupa dengan minyak kelapa sawit pun mungkin direngkah menjadi C₃ dan C₄.

BAB III

RANCANGAN PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas tahap *blank test*, reaksi perengkahan katalitik, distilasi, analisis produk, dan pengolahan data. Alur penelitian ditunjukkan pada bagan di bawah ini,

Gambar III-1. Diagram Alir Penelitian

III.1 Variabel Bebas dan Variabel Terikat

Kondisi operasi yang diubah atau variabel bebas pada penelitian ini adalah

1. Suhu perengkahan katalitik minyak jarak

Suhu perengkahan awalnya ditentukan berdasarkan suhu pertama kalinya terbentuk distilat pada *blank test*. Suhu perengkahan selanjutnya divariasikan 10°C lebih tinggi dan 10°C lebih rendah dari suhu perengkahan awal tersebut

2. Rasio massa katalis/SJO (1:75 ; 1:100)

Parameter yang ingin diketahui pada berbagai kondisi operasi atau sebagai variabel terikat pada penelitian ini adalah

- a. Konversi
- b. Yield
- c. Selektivitas

III.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah

3. Reaktor kaca 100 ml
1. Stirrer
2. Gelas beaker

3. Gelas ukur
4. Pipet
5. Piknometer
6. Viskometer
7. Cawan
8. Sendok
9. Kondenser
10. Hot plate
11. Rangka insulator
12. Stopwatch
13. Pompa dan selang plastik
14. Termokopel
15. Statip
16. Gas Chromatography (GC)
17. FTIR
18. Gas Trap

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Minyak jarak (SJO)
2. Katalis zeolit RCC (*residue catalytic cracking*)

III.3 Prosedur Penelitian

III.3.1 Blank Test

Pada tahapan ini dilakukan distilasi terhadap SJO yang bertujuan untuk mengetahui suhu pertama kalinya terbentuk distilat yang merupakan titik didih awal dari SJO dan kemudian dijadikan sebagai suhu perengkahan. Selanjutnya, SJO tanpa katalis diproses dalam reaktor dengan kondisi yang sama seperti pada saat perengkahan. Selain itu, ditentukan pula densitas SJO murni dan distilat yang dihasilkannya.

Prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengambil 100 ml SJO dalam beaker glass, kemudian mencelupkan termokopel
2. Memanaskan SJO dalam beaker glass di atas hot plate hingga suhu 120°C selama 1 jam sehingga mencair dan hilang kandungan airnya
3. Mendinginkan SJO cair hingga suhu 50°C untuk kemudian diukur viskositasnya dan densitasnya (pada suhu 50°C) dengan piknometer
4. Memasukkan 20 ml SJO cair (50°C) ke dalam reaktor dan menimbang massa awal SJO
5. Melakukan distilasi terhadap SJO dengan mencatat volume dan massa distilat yang dihasilkan pada tiap suhu. Suhu distilasi dimulai dari suhu pertama kalinya terbentuk distilat, proses ditahan pada suhu tersebut hingga tidak ada lagi distilat yang dihasilkan. Setelah itu suhu dinaikkan dengan interval 10°C dan proses ditahan lagi. Suhu terus dinaikkan hingga mencapai suhu optimum distilasi.
6. Mendinginkan sisa SJO dalam reaktor hingga suhu 50°C untuk kemudian ditimbang massa akhir SJO

7. Distilat pada tiap temperatur, setelah dicatat volume dan massanya, dicampurkan menjadi satu;
8. Setelah mengetahui titik didih SJO seperti yang dilakukan pada prosedur 5, maka dilakukan pemanasan SJO tanpa menggunakan katalis untuk mengetahui massa SJO yang hilang yang terjadi selama proses pemanasan SJO. Proses ini dilakukan pada tiga variasi suhu reaksi perengkahan.

III.3.2 Tahap Reaksi Perengkahan Katalitik Minyak Jarak

Tahap ini bertujuan untuk merengkah SJO menjadi produk-produk yang diinginkan. Adapun prosedur yang dilakukan adalah

1. Memasukkan 20 ml SJO cair (50°C) ke dalam reaktor dan menimbang massa awal SJO
2. Menimbang katalis Zeolit dengan variasi rasio massa katalis/SJO adalah 1:75 dan 1 : 100
3. Memanaskan katalis Zeolit sampai suhu 400 C
4. Memasang termokopel pada reaktor dan memanaskan secara bersamaan SJO dalam reaktor dan katalis dalam cawan di atas hot plate
5. Setelah suhu SJO mencapai 150°C , katalis dan stirrer dimasukkan ke dalam reaktor kemudian kondenser dipasangkan pada reaktor
6. Menaikkan suhu hingga mencapai suhu perengkahan (ditentukan berdasarkan suhu distilasi pertama pada blank test) dalam rentang waktu 30 menit. Suhu perengkahan kemudian divariasikan pada rentang $\pm 10^{\circ}\text{C}$
7. Mengambil sampel gas dengan syringe pada tiap kenaikan suhu 20°C dan melakukan analisis GC
8. Menahan reaksi selama 1 jam pada suhu perengkahan
9. Menampung sampel gas tersebut dalam kateter sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Masing-masing kateter digunakan untuk interval waktu 15 menit
10. Mengambil sampel gas dengan syringe pada tiap kateter dan melakukan analisis GC

11. Mematikan hot plate dan mendinginkan sisa SJO dalam reaktor hingga suhu 50°C
12. Menimbang massa akhir SJO dan mengukur densitasnya (pada suhu 50°C) dengan piknometer

III.3.3 Tahap Distilasi

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan produk ringan distilat yang dihasilkan dari SJO hasil perengkahan untuk kemudian dibandingkan dengan distilat SJO murni. Berdasarkan IBP dan pengukuran densitas serta hasil dari analisis GC, dan FTIR dapat diperkirakan perubahan jumlah dan komposisi senyawa yang terkandung dalam SJO sebelum dan setelah reaksi perengkahan. Hal ini akan menjadi bahan analisis dalam pembahasan selanjutnya.

Prosedur pada tahap ini adalah sebagai berikut :

1. Menimbang massa awal distilasi dari SJO hasil perengkahan dalam reaktor
2. Melakukan distilasi dengan mencatat volume dan massa distilat yang dihasilkan pada tiap suhu. Suhu distilasi dimulai dari suhu pertama kalinya terbentuk distilat, proses ditahan pada suhu tersebut hingga tidak ada lagi distilat yang dihasilkan. Setelah itu suhu dinaikkan dengan interval 10°C dan proses ditahan lagi. Suhu terus dinaikkan hingga mencapai suhu optimum distilasi yang ditentukan pada tahap blank tes.
3. Mendinginkan sisa SJO dalam reaktor hingga suhu 50°C untuk kemudian ditimbang massa akhir SJO
4. Melakukan analisis FTIR terhadap distilat dari sampel dengan produk gas yang memiliki massa dan komposisi hidrokarbon C_3 dan C_4 yang paling optimum berdasarkan hasil analisis GC produk gas-nya

III.3.4 Tahap Analisis Produk Perengkahan

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan data yang berguna dalam perhitungan hasil dan analisis. Analisis yang dilakukan terhadap produk adalah :

1. *Densitas*

Pengukuran densitas dilakukan terhadap SJO murni, SJO hasil perengkahan katalitik dan distilatnya. Tujuannya adalah untuk mengetahui terjadinya perengkahan dengan menganalisa perubahan densitas. Pengukuran densitas dilakukan pada suhu 50⁰C dikarenakan pada suhu ruang SJO murni masih berfasa padat. Densitas ditentukan dengan menggunakan alat piknometer (10 ml) sesuai dengan prosedur sebagai berikut :

- a. Menimbang massa piknometer kosong
- b. Memasukkan sampel bersuhu 50⁰C ke dalam piknometer hingga hampir penuh
- c. Menutup piknometer dan memastikan tidak ada gelembung udara
- d. Menimbang massa piknometer berisi sampel
- e. Menentukan densitas

.....(3.1)

2. *Gas Chromatography (GC)*

Analisis GC bertujuan untuk mengetahui jenis dan komposisi dari komponen yang terdapat dalam sampel. Sampel yang digunakan adalah produk gas hasil reaksi perengkahan minyak jarak. Analisis GC dilakukan di laboratorium RPKA.

3. *Forier Transform Infra Red (FTIR)*

Analisis FTIR bertujuan untuk mengetahui jenis ikatan kimia dari senyawa-senyawa yang terkandung dalam sampel. Analisis ini digunakan untuk membandingkan ikatan kimia yang terdapat dalam produk cair hasil distilasi dari SJO hasil perengkahan dan SJO murni. Analisis FTIR dilakukan di laboratorium RPKA.

III.3.5 Tahap Penyajian dan Pengolahan Data

Penyajian data dari parameter yang dicari adalah sebagai berikut :

1. Reaktan
 - a. Massa SJO pada awal tahap reaksi perengkahan katalitik minyak jarak
2. Produk
 - a. Kandungan dan komposisi dari produk gas tersebut diperhitungkan berdasarkan hasil analisis GC sampel gas yang tertangkap di gas trap
 - b. Produk cair ditentukan dari jumlah distilat yang dihasilkan dari SJO hasil perengkahan pada tahap distilasi. Kandungan produk cair tersebut diperkirakan berdasarkan hasil perhitungan densitas dan analisis FTIR
3. Residu
 - a. Massa SJO pada awal tahap reaksi perengkahan dikurangi dengan massa produk gas dan cair

Pengolahan data dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

1.(3.2)
2.(3.3)
3.(3.4)

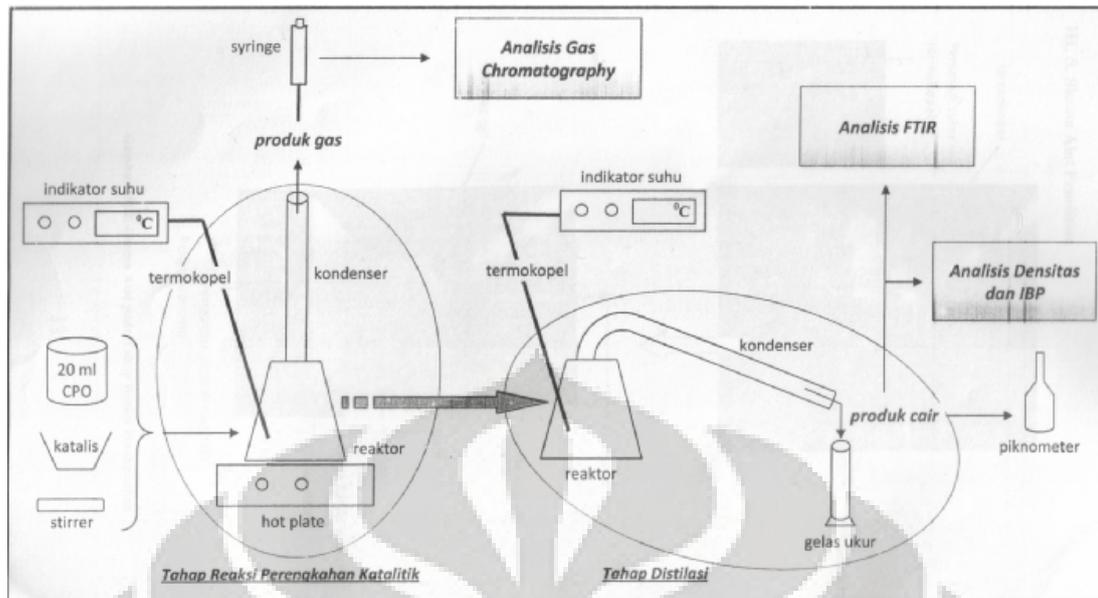
Dimana

massa reaktan = massa SJO pada awal tahap reaksi perengkahan

massa residu = massa SJO pada awal tahap reaksi perengkahan dikurangi dengan massa produk gas dan cair

massa hidrokarbon C₃ dan C₄ = massa fraksi C₃ dan C₄ dalam aliran produk gas

III.4 Gambar Skematik Alat Penelitian



Gambar III-2. Skematik Alat Penelitian

III.5 Pelaksanaan Penelitian

Keseluruhan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Produk Kimia dan Bahan Alam (RPKA), Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Analisa Percobaan

Dalam setiap percobaan dilakukan 3 tahap utama yaitu tahap blank test, tahap perengkahan katalitik dan tahap distilasi.

IV.1.1. Tahap Blank Test

Tahap blank test dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan sifat-sifat minyak jarak sebelum dilakukan reaksi dengan katalis, yang akan digunakan sebagai pembanding dengan hasil minyak jarak setelah reaksi dengan menggunakan katalis.

Pertama-tama dilakukan distilasi terhadap 20 ml minyak jarak untuk mencari suhu reaksi yang akan digunakan. Karena akan dilakukan reaksi pada fasa cair, oleh karena itu suhu reaksi akan dilakukan pada suhu dimana minyak jarak masih berupa fasa cair yaitu pada suhu sebelum penguapannya. Suhu penguapan diambil dimana

terbentuk distilat pertama pada proses distilasi blank test. Distilat pertama diperoleh pada suhu 330°C, sehingga suhu reaksi yang dipakai adalah 320°C, 330°C, dan 340°C

Selain itu juga akan dicari suhu optimum distilasi yang akan dipakai di tahap reaksi berkatalis. Suhu optimum distilasi dicari dengan mengukur jumlah distilat yang dihasilkan pada setiap rentang suhu 10°C dari 290°C sampai ke suhu dimana volum distilat sudah mulai menurun. Suhu optimum distilasi diambil dari suhu dimana dihasilkan volume distilat tertinggi. Didapatkan suhu optimum distilasi adalah 390°C dimana volume distilat sudah menurun jauh selebih suhu ini

Pada blank test ini minyak jarak dipanaskan sampai mencapai suhu reaksi, lalu setelah mencapai suhu reaksi, ditahan selama 15 menit. Analisa sampel gas menggunakan GC dilakukan setiap 20 °C dari 150 °C hingga tercapai suhu reaksi, dan setiap 5 menit selama penahanan pada suhu reaksi. Tapi ternyata tidak terbentuk produk C₃ maupun C₄ sama sekali dalam tahap blank test ini.

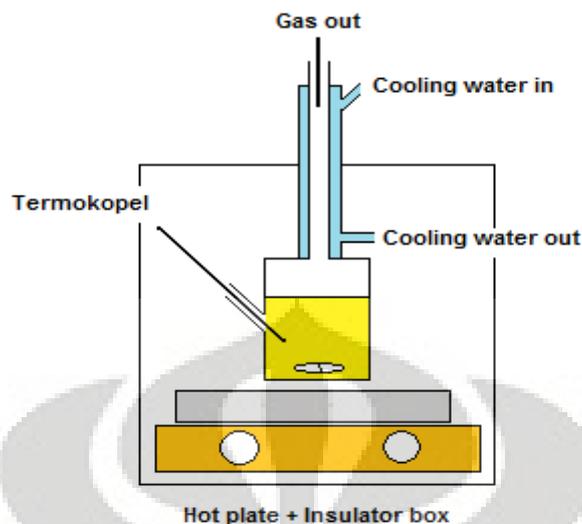
Pada tahap blank test ini juga diambil data densitas dan viskositas minyak jarak murni saat 40° C dimana didapatkan sebesar 0,9182 gr/cm³ dan 75,9115 cp. Seelain itu juga diambil data FTIR

Jadi adapun data-data yang akan diambil dalam blank test ini adalah :

1. Densitas minyak jarak saat 40°C
2. Viskositas minyak jarak saat 40°C
3. Suhu reaksi
4. Suhu optimum distilasi
5. Analisa GC tahap reaksi tanpa katalis
6. Analisa FTIR hasil distilasi sisa reaksi tanpa katalis

IV.1.2 Tahap Perengkahan Katalitik

Dalam tahap ini 20 ml minyak jarak dimasukkan ke dalam reaktor bersama dengan katalis zeolit dengan rasio massa 1:75 , 1:100, dan 1:125, lalu direaksikan dalam suhu 320°C 330°C dan 340°C.



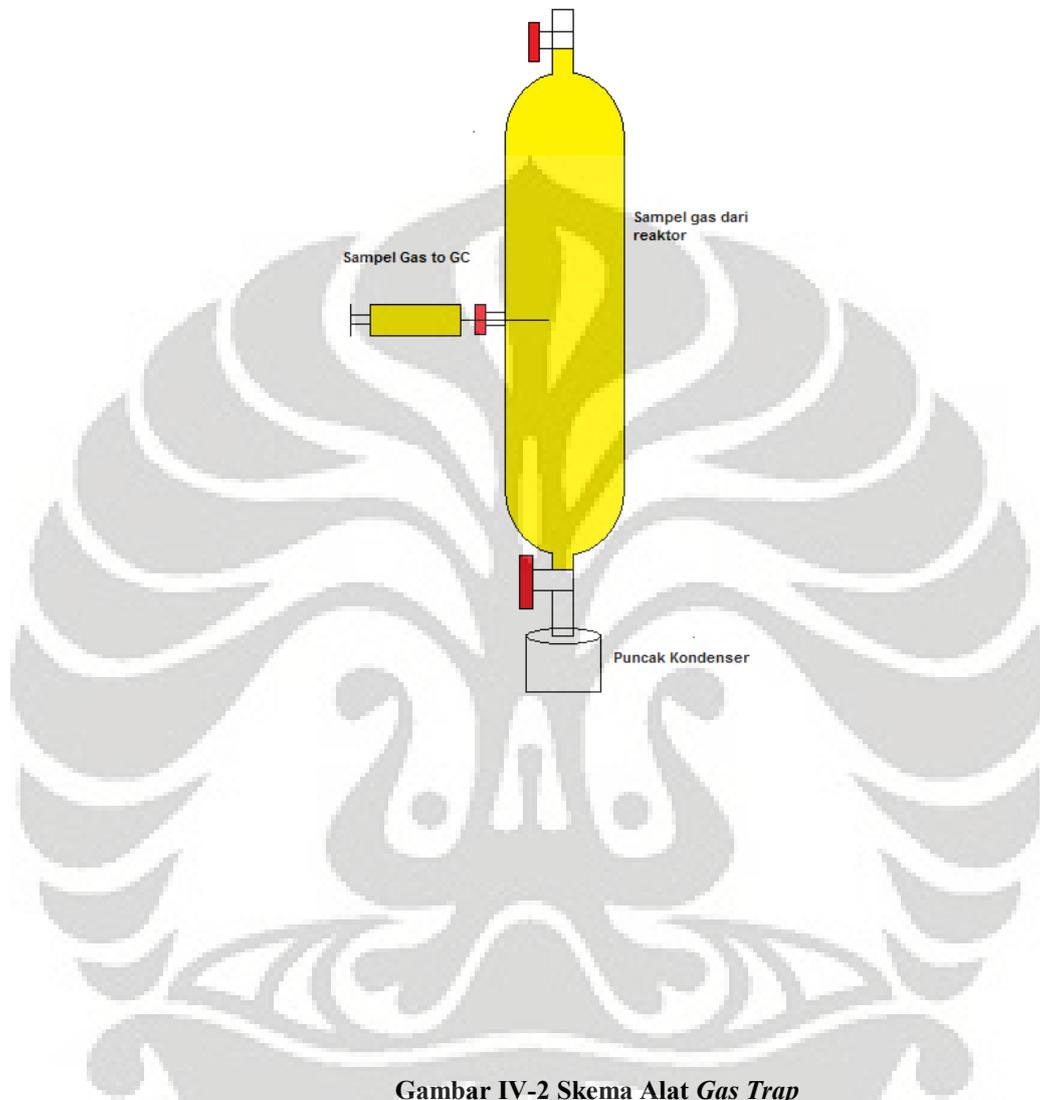
Gambar IV-1 Skema Alat Perengkahan Katalitik

Sebelum direaksikan, minyak dan katalis pertama-tama dipanaskan sampai 150°C agar air yang terdapat di dalam minyak dan katalis menguap. Setelah itu, katalis dan minyak jarak dicampur bersama dan ditambahkan stirrer untuk memulai reaksi. Kondenser juga dinyalakan untuk mengkondensasi fraksi-fraksi berat hidrokarbon.

Setelah mencapai suhu 150°C , suhu reaksi terus dinaikkan sampai mencapai suhu reaksi yang diinginkan. Pada tahap ini sampel gas diambil setiap kenaikan 20°C lalu dimasukkan ke GC untuk mengetahui yield gas yang didapatkan. Lalu setelah tercapai suhu reaksi yang diinginkan, reaksi ditahan pada suhu konstan sampai 1 jam, dimana sampel gas diambil setiap 5 menit untuk dimasukkan ke GC agar dapat diketahui yield gas yang didapatkan

Pengambilan gas dilakukan dengan menggunakan gas trap yang telah divakuum sebelumnya, agar didapatkan sampel gas yang menyeluruh dari hasil

reaksi. Selain itu penggunaan gas trap ini diharapkan dapat mengurangi udara yang terhisap dibandingkan dengan pengambilan langsung menggunakan syringe



Gambar IV-2 Skema Alat Gas Trap

Jadi data yang ingin diambil dalam tahap perengkahan katalitik ini adalah :

1. Data GC yield gas saat kenaikan suhu awal per 20°C
2. Data GC yield gas saat reaksi ditahan 1 jam per 5 menit

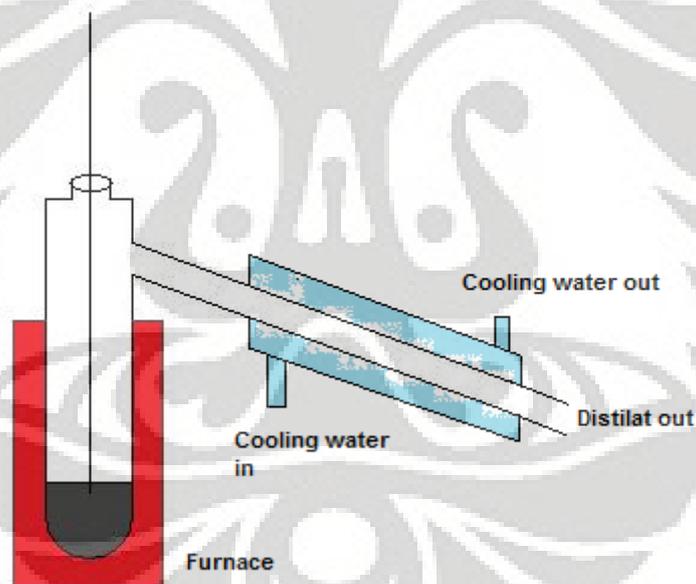
Data 1 diambil dengan tujuan untuk mengetahui apakah reaksi sudah terjadi pada suhu sebelum suhu reaksi yang telah ditetapkan, sedangkan data 2 diambil untuk mengetahui kira-kira kapan reaksi terjadi serta hasil apa saja yang dapat diperoleh dari percobaan ini

Setelah 1 jam, hot plate dimatikan, lalu hasil reaksi didinginkan sampai 40 °C untuk diukur densitasnya menggunakan piknometer. Hasil densitas ini akan dibandingkan dengan densitas saat blank test untuk mengetahui perubahan densitas yang dapat mengacu pada perubahan struktur molekul minyak jarak.

Hasil reaksi kemudian disimpan untuk dilakkukan tahap selanjutnya yaitu **tahap distilasi**.

IV.1.3. Tahap Distilasi

Pada tahap distilasi ini, minyak hasil reaksi, dipanaskan sampai suhu optimum distilasi yaitu 390 °C lalu ditahan pada suhu tersebut. Hasil distilat yang keluar ditampung dan distilasi diteruskan sampai tidak ada lagi hasil distilat yang keluar.



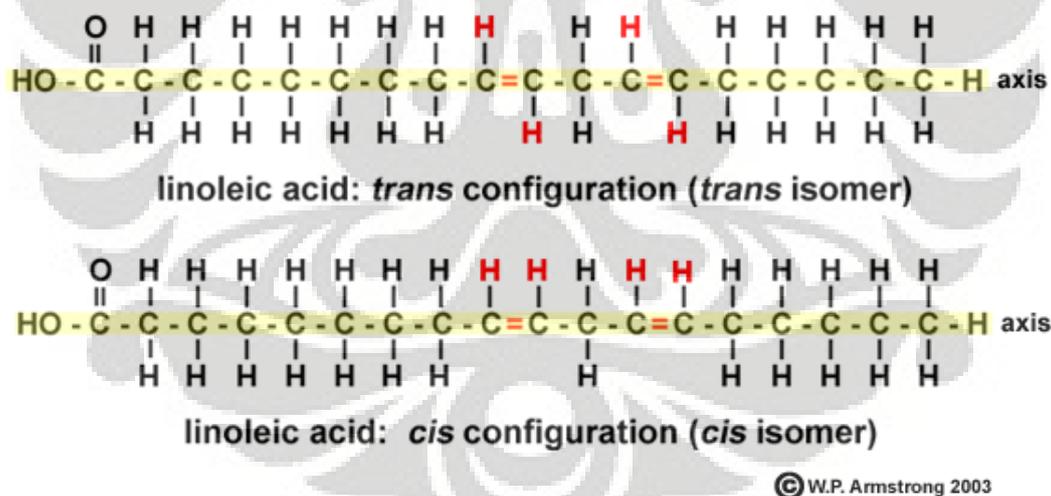
Gambar IV-3 Skema Alat Distilasi

Hasil dari tahap distilasi akan dibandingkan dengan data distilat dari tahap blank test. Tahap ini dilakukan untuk menganalisa perubahan distilat yang terbentuk. Makin banyak distilat yang terbentuk artinya fraksi ringan yang ada di dalam sampel semakin banyak, dan dapat dijadikan parameter tingkat perengkahan yang terjadi.

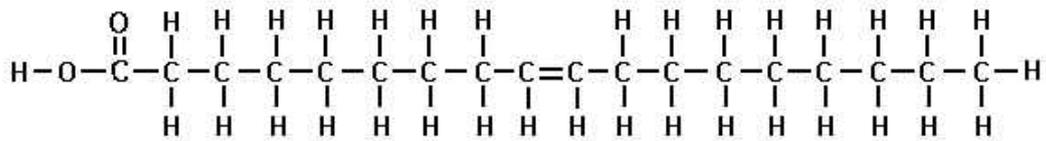
Hasil distilat dari tahap ini kemudian akan dianalisa menggunakan analisa FTIR untuk mengetahui perubahan jenis ikatan yang terjadi dibandingkan dengan distilat pada tahap blank test.

IV.2. Analisa Produk Perengkahan

Dalam bagian ini akan dibahas produk apa saja yang mungkin terbentuk sebagai hasil dari reaksi perengkahan ini. Minyak Jarak/SJO mengandung asam oleat (18:1) sebesar 44,2 % dan asam linoleat (18:2) sebesar 34,9 % dengan struktur kimia sebagai berikut :



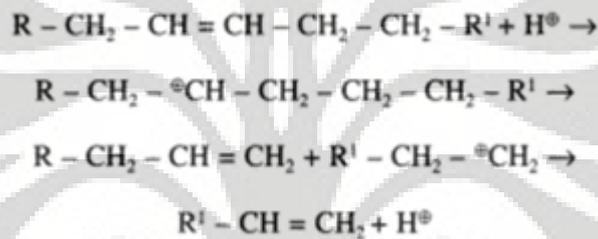
Gambar IV-4 Struktur Trigliserida Asam Linoleat



Oleic Acid- Monounsaturated Fatty Acid

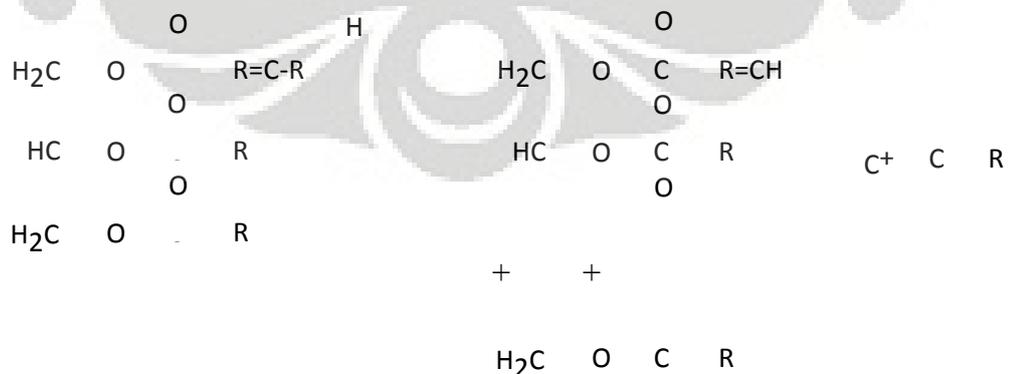
Gambar IV-5 Struktur Trigliserida Asam Oleat

Hasil perengkahan dari suatu ikatan olefin adalah ikatan olefin dengan mekanisme reaksi



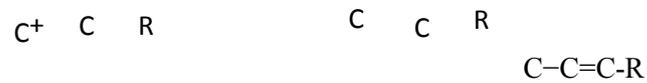
Gambar IV-6. Reaksi Perengkahan Katalitik Olefin

Produk dari reaksi ini adalah dua buah olefin yang lebih kecil. Pada tahap awal reaksi terjadi pemotongan ikatan rangkap pada trigliserida secara langsung



Karbokation hasil pemutusan akan lebih cenderung mencari lokasi yang lebih stabil

sebagai karbokation sekunder, sehingga karbokation akan beresonansi dari ikatan primer menjadi ikatan sekunder



Sehingga akan terbentuk sebuah olefin sekunder baru dengan ikatan yang lebih pendek. Proses ini akan berlangsung berulang-ulang sampai olefin tersebut cukup ringan untuk langsung menguap sebelum terengkah lebih lanjut. Jadi jika dianalisa pemotongan yang terjadi, pemotongan tersebut dapat menghasilkan beberapa kemungkinan pemotongan seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel IV-1. Tabel Kemungkinan Produk Pemotongan Triglicerida

No	Reaktan awal	Hasil Perengkahan 1	Hasil Perengkahan 2
1	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{O} - \text{C}_8=\text{C}_3=\text{C} \end{array}$ Asam Linoleat	$\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}$	$\text{C}=\text{C}$
		$\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C}$	
		$\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}$	$\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}$
2.	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{O} - \text{C}_8=\text{C}_9 \end{array}$ Asam Oleat	$\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}$	$\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}$
		$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{O} - \text{C}_8=\text{C}_2 \end{array}$	



Selain pemotongan olefin, pemotongan parafin juga dapat terjadi dalam reaksi ini, dan mengakibatkan lebih banyak kemungkinan pemotongan lagi. Jadi menghasilkan produk C₃ dan C₄ dari minyak jarak merupakan sesuatu yang sangat mungkin untuk dilakukan

Dari hasil reaksi juga dapat dilihat bahwa selain produk C₄ yang nampak dari analisa GC, juga banyak kabut putih yang tertangkap pada gas trap, kabut itu dapat diperkirakan sebagai gas hidrokarbon berat yang menguap seperti C₅⁺. Jadi dapat disimpulkan bahwa produk C₃ dan C₄ dapat dihasilkan dari reaktan minyak jarak, dan dapat dihasilkan produk lain seperti C₅⁺ baik dengan ikatan rangkap maupun jenuh.

IV.3. Pengaruh Suhu Reaksi dan Rasio Massa Katalis/SJO Terhadap Yield C₄

Setelah melakukan analisa sampel gas dengan GC hanya didapatkan produk n-C₄ dan i-C₄ sebagai produk yang dominan dari hasil perengkahan tersebut. Sangat jarang ada peak lain yang muncul selain dari peak n-C₄ dan i-C₄ hal ini kemungkinan terjadi karena fraksi hidrokarbon lainnya sudah menguap sebelum sempat terpotong menjadi C₃. Karena produk C₄ lebih

Dari percobaan ini dapat diketahui pengaruh suhu reaksi dan rasio massa katalis terhadap yield C₄. Pada bagian awal reaksi perengkahan katalitik sampel gas diambil setiap kenaikan 20 C, dari suhu 160 C sampai suhu reaksi, data GC gas yang diperoleh dapat diolah dan digambarkan sebagai berikut :

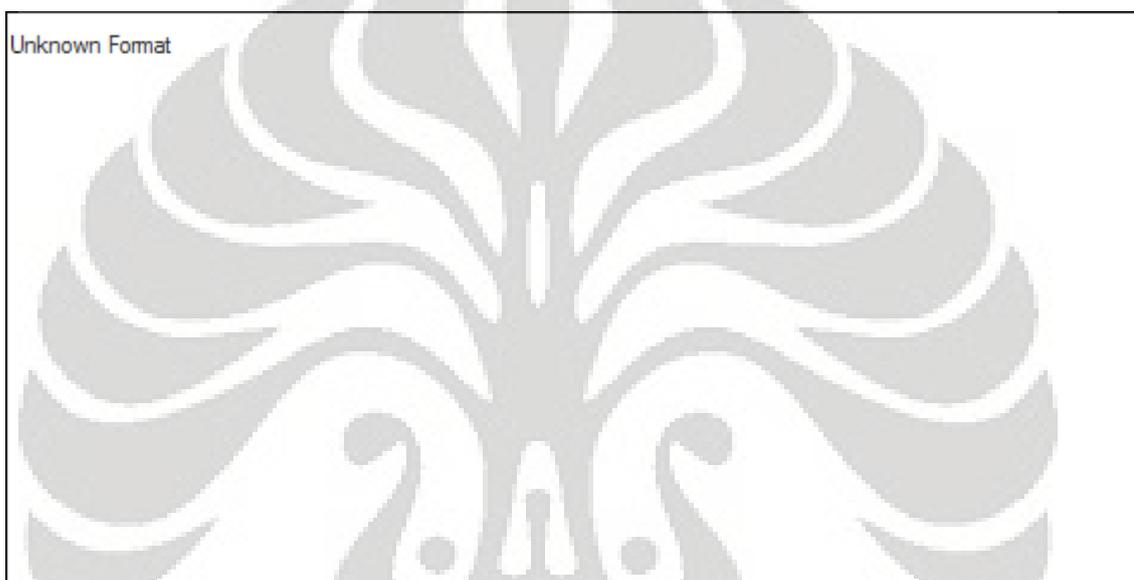


Gambar IV-7. Pengaruh Suhu dan Rasio Katalis terhadap Yield C4

Dapat dilihat pada gambar diatas bahwa semakin tinggi suhu reaksi yield C4 yang diperoleh juga akan semakin banyak, hal ini dikarenakan proses perengkahan katalitik membutuhkan energi, dan jika suhu dinaikan, energi yang diberikan untuk proses ini akan semakin banyak, dan secara thermodinamika reaksi berlangsung dengan lebih cepat.

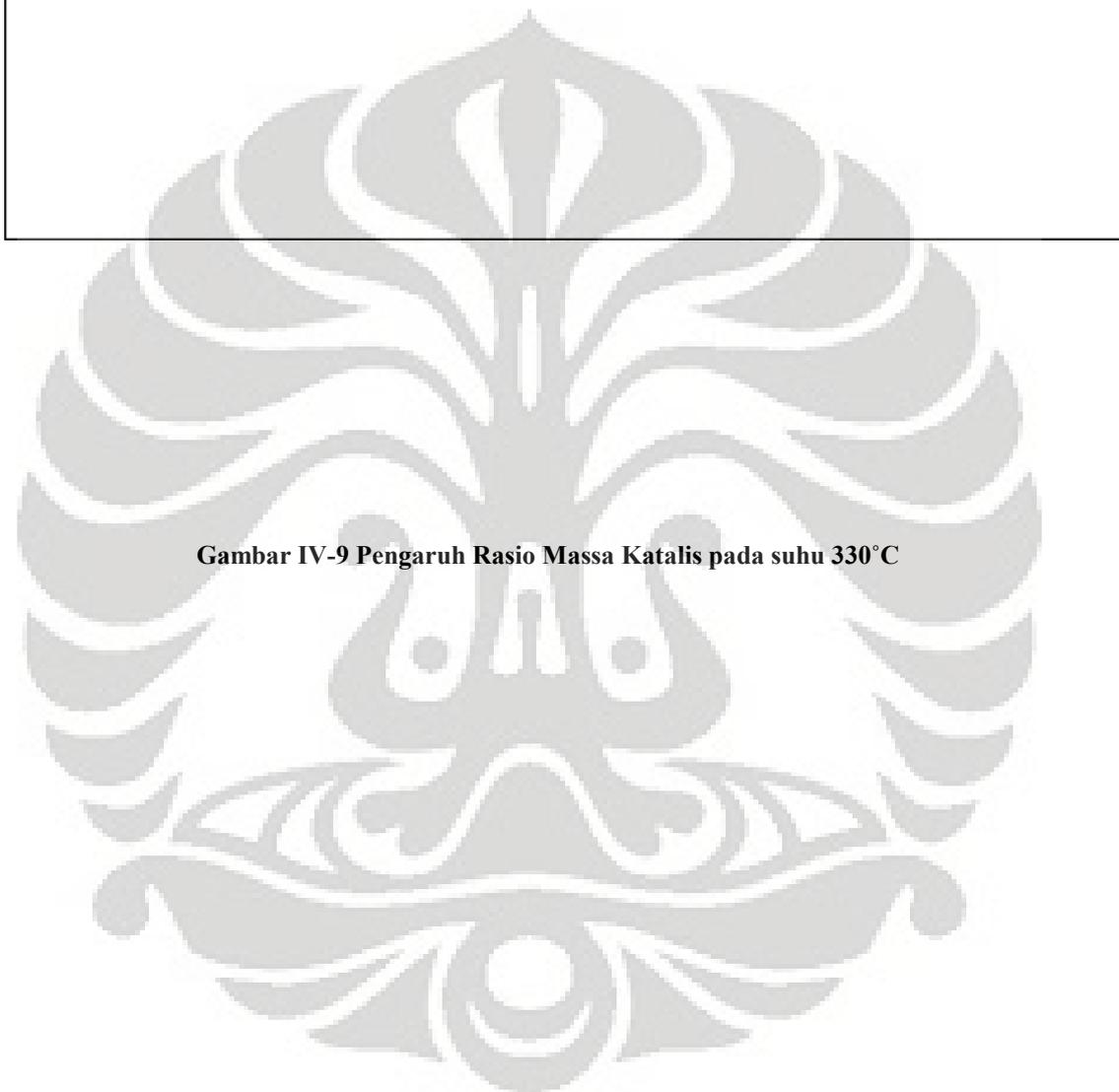
Dilihat dari rasio katalisnya, yield justru lebih banyak terbentuk pada rasio massa katalis/SJO 1 : 100 dibandingkan dengan rasio massa katalis/SJO 1 : 75, yang akan dibahas di bagian selanjutnya.

IV.4 Pengaruh Rasio Massa Katalis Terhadap Yield C4



Gambar IV-8 Pengaruh Rasio Massa Katalis pada suhu 320°C

Unknown Fomat



Gambar IV-9 Pengaruh Rasio Massa Katalis pada suhu 330°C

Unknown Fomat



Gambar IV-10 Pengaruh Rasio Massa Katalis pada suhu 340°C

Dari ketiga grafik di atas dapat dilihat suatu kecenderungan dimana yield C4 untuk rasio massa katalis/SJO 1 : 100 lebih besar dari pada yield rasio 1 : 75. Dimana seharusnya rasio massa katalis/SJO 1 : 75 menghasilkan yield yang lebih besar karena :

- makin banyak permukaan yang dapat mengadsorpsi reaktan,
- makin banyak reaktan yang terengkah
- hidrokarbon produk perengkahan akan teradsorp juga pada permukaan katalis
- Makin banyak inti asam yang dimiliki katalis yang dapat digunakan untuk proses perengkahan

Hal ini kemungkinan diakibatkan karena semakin banyak katalis yang digunakan, inti asam yang digunakan juga semakin banyak sehingga perengkahan yang terjadi juga semakin aktif dan pemotongan yang terjadi menjadi tidak terkontrol. Pemotongan yang tidak terkontrol tadi mengakibatkan pemotongan yang terjadi tidak spesifik

pada ikatan rangkap, dan produk hasil pemotongan tadi sudah menguap sebelum sempat dipotong lebih lanjut.

Analisa lain yang mungkin terjadi adalah terbentuknya coking pada permukaan katalis yang mengurangi keaktifan katalis. Makin tinggi rasio massa katalis/SJO yang digunakan, inti asam yang ada akan semakin banyak, dan perengkahan yang sangat aktif itu juga akan lebih cepat mendeaktifasi katalis. Penelitian sebelumnya oleh Rieski (2004) juga menunjukkan kecenderungan yang serupa, dimana rasio massa katalis/CPO 1:100 menghasilkan yield lebih banyak dibanding 1:75. Penelitian lainnya untuk mendegradasi Phenol menggunakan katalis zeolit juga menunjukkan kecenderungan serupa, dimana aktifitas katalis malah menurun dengan penambahan jumlah katalis pada rasio tertentu.

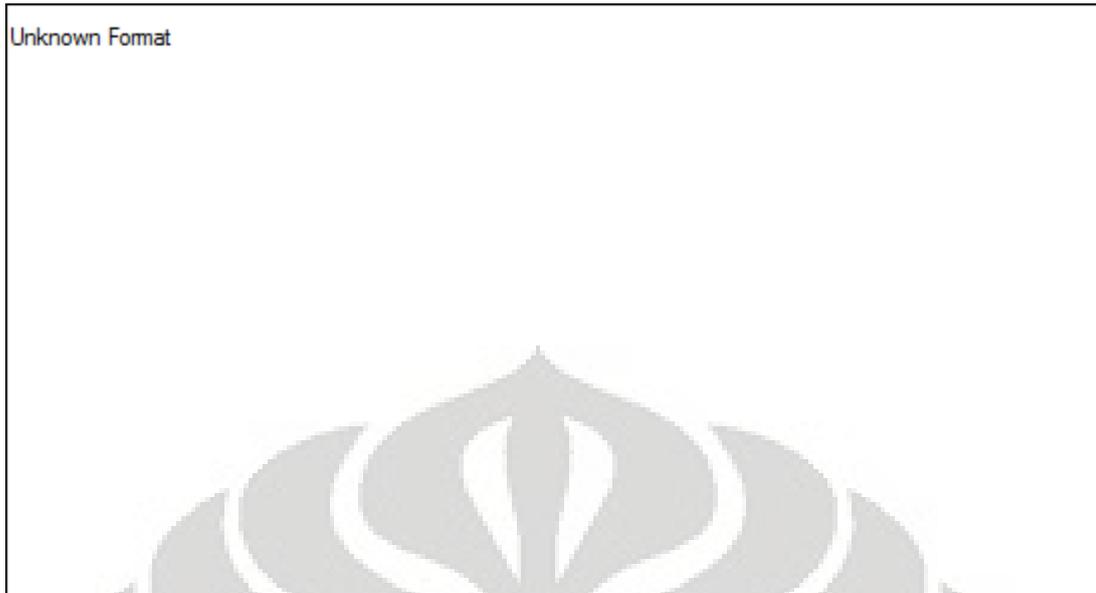
Dari data diatas dapat diambil kesimpulan rasio massa katalis/SJO yang paling baik adalah 1:100 karena memiliki kekuatan pemotongan yang paling stabil dan dapat menghasilkan yield C₄ yang paling besar.

IV.5 Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Massa Katalis

Pengaruh waktu berjalannya reaksi juga merupakan bagian yang penting untuk dianalisa dalam suatu percobaan. Waktu reaksi dapat berpengaruh terhadap jalannya kinetika reaksi karena kondisi reaksi yang selalu berubah seiring dengan waktu. Pada bagian ini akan dianalisa hasil GC sampel gas selama proses perengkahan. Keseluruhan proses perengkahan terjadi selama 1 jam, dengan menganalisa sampel gas yang terbentuk selama proses perengkahan serta mengkaitkannya dengan waktu reaksi, dapat dianalisa karakteristik perengkahan selama waktu reaksi.



Gambar IV-11. Pengaruh Waktu Reaksi pada Rasio Massa Katalis 1 : 75



Gambar IV-12. Pengaruh Waktu Reaksi pada Rasio Massa Katalis 1 : 100

Dari kedua grafik di atas kita dapat melihat suatu kecenderungan bahwa seiring dengan berjalannya waktu reaksi, produk C_4 akan meningkat sampai ke titik tertentu kemudian yield akan menurun selebihnya dari titik maksimum tersebut. Hal ini dikarenakan katalis lebih cenderung untuk memotong rantai hidrokarbon yang lebih tidak stabil terlebih dahulu. Jadi katalis akan memotong akan terlebih dahulu memotong ikatan rangkap baru kemudian ikatan jenuh.

Pada awal reaksi, banyak tersedia ikatan rangkap yang dapat dipotong, menghasilkan ikatan rangkap baru, yang akan dijelaskan di bagian selanjutnya. Sehingga banyak produk C_4 yang dapat dihasilkan. Tapi seiring dengan berlalunya waktu reaksi ikatan rangkap akan semakin berkurang, dikarenakan hidrokarbon yang telah cukup pendek rantainya akan menguap. Sehingga yang tersisa adalah hidrokarbon dengan ikatan tunggal yang lebih sulit untuk dipotong, sehingga

mengurangi produk C4 yang terjadi.

Makin tinggi suhu reaksi, reaksi akan memiliki waktu lebih lama sebelum akhirnya mengalami penurunan produk C4, hal ini dikarenakan dengan suhu reaksi yang lebih tinggi, energi yang dimiliki akan semakin banyak bahkan untuk memotong ikatan tunggal, setelah ikatan jenuh mulai berkurang, hal ini menyebabkan titik penurunan produk untuk suhu reaksi yang lebih tinggi berada di jangka waktu yang lebih lama.

Selain itu makin lama waktu reaksi, katalis juga semakin mengalami proses coking, sehingga aktivitasnya akan semakin berkurang. Hal itu juga akan berkontribusi terhadap penurunan yield yang terjadi makin lama waktu reaksi

Dianalisa dari pengaruh suhu reaksi, terlihat bahwa suhu 340°C memiliki produk yang cukup besar dibandingkan dengan suhu lainnya. Hal ini disebabkan karena pada suhu 340°C energi yang diperoleh lebih besar untuk melakukan perengkahan. Oleh karena itu dapat di ambil kesimpulan bahwa suhu yang paling optimum adalah 340°C. Hasil lain yang memperkuat hal ini adalah volume sisa reaksi yang semakin kecil, yang menunjukkan bahwa semakin banyak produk yang terengkah dan semakin banyak produk yang menguap.

Tabel IV-2. Perbandingan Cairan Sisa Reaksi pada Berbagai Rasio

Rasio 1 : 100	Cairan sisa reaksi (ml)	Rasio 1 : 75	Cairan sisa reaksi (ml)
320	14.01	320	15.43
330	13.83	330	13.23
340	12.71	340	12.5

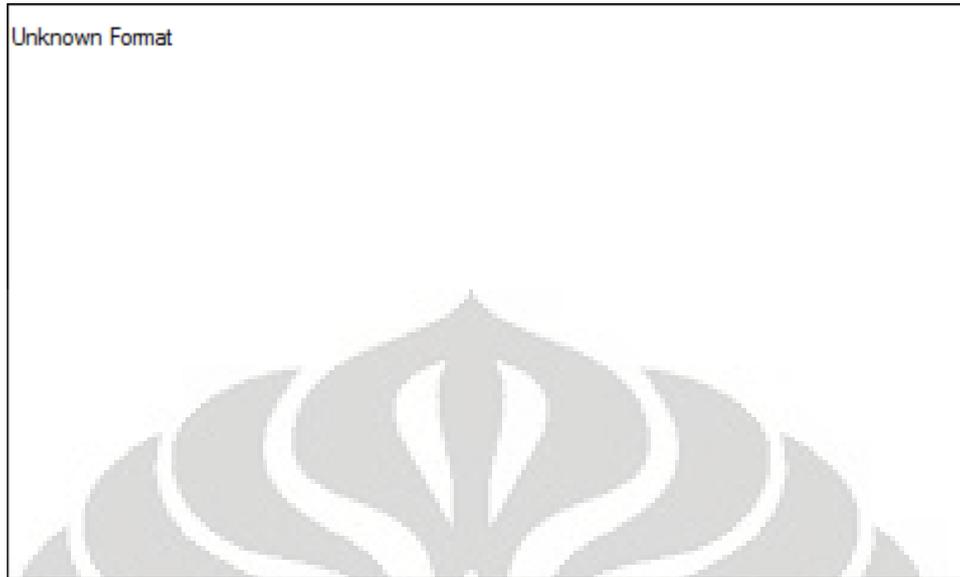
Dalam grafik diatas kembali terlihat bahwa reaksi dengan rasio massa katalis/SJO 1 : 100 menunjukkan yield yang lebih besar dibandingkan dengan rasio massa katalis/SJO 1 : 75 yang telah dijelaskan di bagian sebelumnya.

IV.6 Analisa Konversi Perengkahan Katalitik

Konversi perengkahan katalitik didefinisikan sebagai jumlah reaktan yang terengkah selama proses perengkahan katalitik dan dirumuskan dengan :

Pengaruh suhu dan rasio massa katalis dalam reaksi perengkahan ini dapat dilihat di

grafik di bawah ini :



Gambar IV-13. Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Konversi

Dapat dilihat dari grafik di atas bahwa semakin meningkat suhu konversi yang terjadi semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu reaksi, energi yang diberikan ke dalam proses reaksi akan semakin banyak dan reaktan yang terengkah juga akan semakin banyak

Dilihat dari rasio massa katalis/*SJO*, rasio massa katalis/*SJO* 1:75 memiliki konversi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan 1 : 100, hal ini diakibatkan karena inti aktif pada katalis lebih banyak sehingga menyebabkan perengkahan yang terjadi juga lebih aktif dan mengkonversi lebih banyak reaktan.

IV.7 Perhitungan Yield Produk C₄

Perhitungan yield produk C₄ dilakukan dengan rumus :

Yield produk dihitung dengan membandingkan massa hidrokarbon C₄ yang dihasilkan dengan massa reaktan total yang dihasilkan. Setelah perhitungan didapatkan yield seperti yang ditunjukkan tabel di bawah ini :

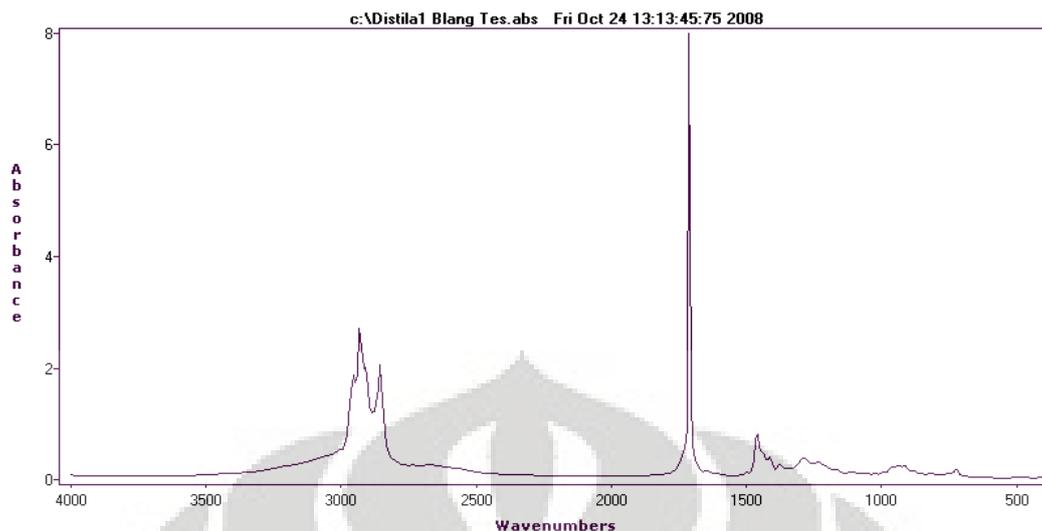
Tabel IV-3. Tabel Yield Produk C₄

Suhu	Yield	
	Rasio 1:75	Rasio 1:100
320°C	3.58	8.65
330°C	5.97	8.73
340°C	5.84	12.1

Pada tabel di atas ini terlihat bahwa yield terbanyak dihasilkan pada rasio 1:100 pada suhu 340°C, yang cocok dengan kecenderungan yang terjadi sebelumnya. Yield yang dihasilkan masih dapat dikatakan relatif kecil yaitu sekitar 12% dari massa minyak jarak keseluruhan. Tapi hal ini dapat terus dikembangkan dalam penelitian selanjutnya.

IV.8 Analisa FTIR sampel liquid sisa distilasi

Dengan menggunakan FTIR maka dapat diketahui gugus-gugus yang terdapat dalam sampel. Dengan mengamati perubahan yang terjadi pada gugus-gugus antara distilat hasil reaksi perengkahan dengan distilat blank test, maka dapat diketahui apakah terjadi reaksi perengkahan yang akan mengakibatkan perubahan struktur ikatan pada *SJO*



Gambar IV-14. Spektra FTIR Minyak Jarak Murni pada Blank Test

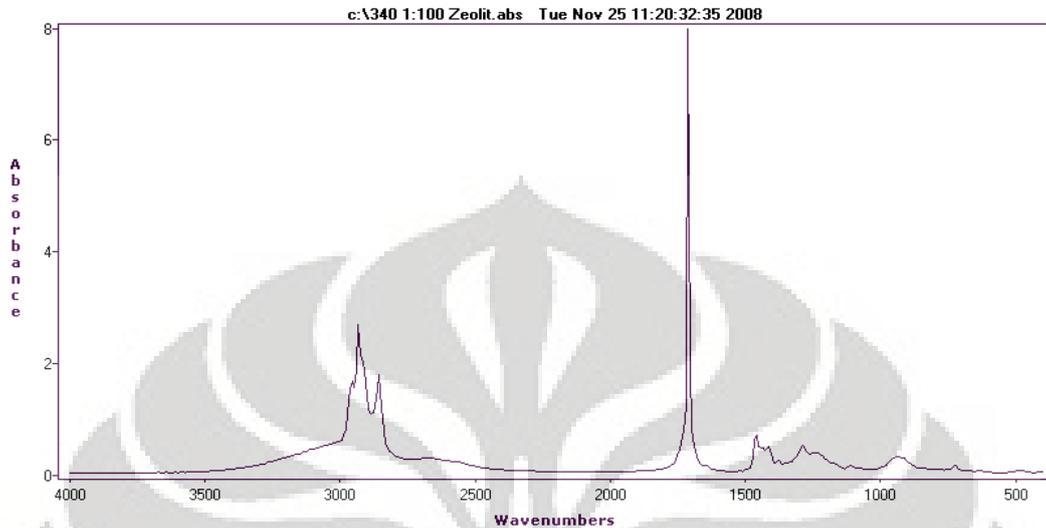
Dari hasil FTIR distilat *SJO* murni pada blank test dapat dilihat beberapa gugus dominan yang dimiliki *SJO* yaitu :

Tabel IV-3. Macam-Macam Peak pada FTIR Minyak Jarak Murni

No	Panjang Gelombang	Alkil
1	2923,55 cm^{-1}	(-CH ₃)
2	2854,13 cm^{-1}	(=CH ₂)
3	1712,47 cm^{-1}	C=O
4	1697,05 cm^{-1}	C=C
5	725,1 cm^{-1}	-(CH) _n -

Selanjutnya akan dianalisa hasil spektra FTIR untuk distilat hasil reaksi perengkahan. Akan dianalisa hasil spektra FTIR untuk distilat hasil reaksi

perengkahan pada suhu 340°C dengan rasio massa katalis/SJO 1:100 karena hasil maksimum diperoleh pada suhu dan rasio massa katalis/SJO ini.



Gambar IV-15. Spektra FTIR Distilat Reaksi 1:100, 340°C

Untuk menganalisa perbedaan antara kedua spektra tersebut, dapat dibandingkan nilai absorbansi pada panjang gelombang yang telah disebutkan diatas. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat di tabel di bawah ini :

Tabel IV-4. Perbandingan Spektra FTIR Minyak Jarak Murni dengan Produk Cair

Jenis Gugus	Panjang Gelombang	Absorbansi	
		SJO murni	Produk cair
(-CH ₃)	2923,55 cm ⁻¹	2.32	2.16
(=CH ₂)	2854,13 cm ⁻¹	2.06	1.79
C=O	1712,47 cm ⁻¹	7.98	7.98
C=C	1697,05 cm ⁻¹	0.61	0.83

$-(CH)_n^-$	725,1 cm^{-1}	0.19	0.18
-------------	-----------------	------	------

Besarnya absorbansi terhadap suatu gugus merefleksikan banyaknya kandungan gugus tersebut di dalam sampel. Berdasarkan perubahan absorbansi tersebut, kita dapat menganalisa terjadinya proses perengkahan dalam reaksi tersebut.

Dari tabel di atas kita dapat melihat terjadinya penurunan absorbansi ikatan tunggal dan rangkap. Hal ini terjadi karena banyak rantai hidrokarbon yang telah direngkah menjadi produk yang lebih kecil lalu menguap ke atas sehingga terjadi penurunan absorbansi terhadap gugus alkil, gugus $=CH_2$, dan $-(CH)_n^-$.

Ikatan $C=O$ sama sekali tidak mengalami penurunan absorbansi, hal ini menunjukkan tidak ada ikatan $C=O$ yang terengkah. Hal ini diperkuat kembali dengan tidak adanya produk CO_2 sama sekali yang nampak pada analisa sampel gas. Hal ini terjadi karena ikatan $C=C$ dan $C-C$ lebih mudah direngkah dibandingkan dengan ikatan $C=O$, seperti yang tercantum dalam buku *Handbook of Commercial Catalysts* (Howard E Rase, 2000) sehingga inti asam pada katalis lebih selektif dalam memotong ikatan $C=C$ atau $C-C$. Hal ini juga dapat disebabkan karena *acid strength* pada katalis kurang kuat untuk memotong ikatan $C=O$.

Pada penelitian sebelumnya oleh Rieski (2006) menggunakan CPO, terjadi penurunan absorbansi ikatan $C=O$ yang menunjukkan adanya ikatan $C=O$ yang terpotong saat perengkahan. Hal ini terjadi karena pada minyak jarak ada lebih banyak ikatan $C=C$ yang lebih dipilih untuk direngkah oleh katalis asam. Sehingga seiring jalannya reaksi, tidak ada ikatan $C=O$ yang terpotong karena katalis secara lebih selektif memotong ikatan $C=C$.

Absorbansi ikatan $C=C$ menunjukkan peningkatan yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena banyaknya ikatan tunggal maupun rangkap yang direngkah sehingga menghasilkan olefin-olefin baru seperti yang dibahas di bagian IV.2.

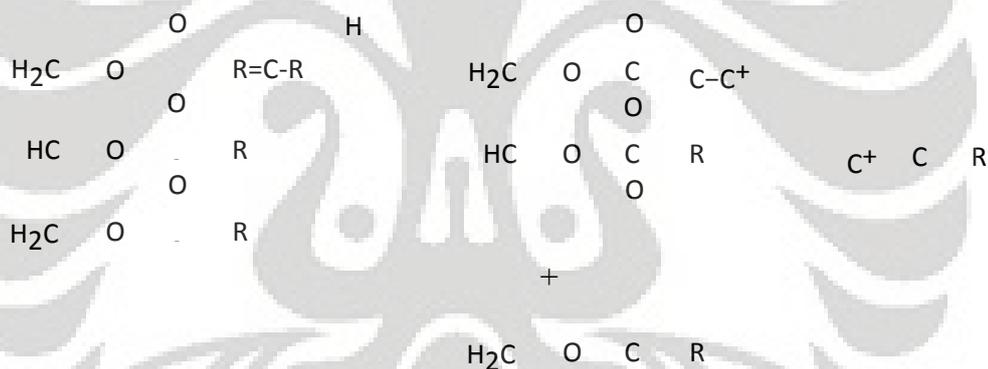
IV.9 Analisa perbandingan densitas liquid sisa reaksi

Dengan menganalisa densitas produk cair hasil reaksi, kita dapat menentukan pengaruh reaksi dan katalis terhadap densitas dan keadaan produk cair hasil reaksi.

Dari blank test kita mengetahui bahwa densitas minyak jarak murni adalah sebesar $0,9182 \text{ gr/cm}^3$, setelah reaksi terjadi kenaikan densitas produk cair, hal ini berarti proses cracking berpengaruh terhadap densitas fluida yang digunakan.

Proses perengkahan akan memotong rantai hidrokarbon yang ada di trigliserida dan menciptakan radikal bebas yang dapat berikatan dengan radikal bebas lainnya. Ikatan-ikatan radikal bebas tersebut akan saling bertemu dan berikatan sehingga menciptakan struktur hidrokarbon yang lebih panjang dan lebih berat, sehingga meningkatkan densitas molekul. Salah satu kemungkinan yang terjadi adalah rantai ester trigliserida saling berpolimerisasi menciptakan ester yang lebih kompleks dan lebih rumit. Hal inilah yang menyebabkan minyak goreng yang terlalu sering digunakan dapat menjadi kental dan berwarna hitam.

Tahap Inisiasi



Tahap Propagasi



densitas akan semakin tinggi, nilai densitas yang semakin tinggi berarti jumlah komponen dengan berat molekul tinggi yang terdapat di dalam hasil distilasi semakin banyak. Dari hal ini bisa diambil kesimpulan bahwa reaksi yang terjadi semakin aktif, sehingga memotong lebih banyak hidrokarbon dan meninggalkan lebih banyak komponen berat.

Jadi dapat dilihat bahwa semakin tinggi banyak katalis yang digunakan densitas yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal ini sesuai dengan pembuktian di bagian sebelumnya bahwa reaksi dengan rasio massa katalis/SJO 1:100 lebih aktif dibandingkan rasio massa katalis/SJO 1:75, sehingga perengkahan yang terjadi juga semakin banyak dan densitas produk yang dihasilkan juga semakin berat.

IV.10 Perbandingan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya

Pada bagian ini akan dilakukan perbandingan antara hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Penelitian pembandingan dilakukan menggunakan penelitian Rieski, 2007, mengenai perengkahan minyak kelapa sawit menjadi fraksi C₃ dan C₄ menggunakan katalis ZSM-5. Perbandingan-perbandingan yang dilakukan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Penelitian Rieski dilakukan pada suhu 350°C, 360°C, dan 370°C , serta rasio massa katalis/CPO 1:75, 1:100, dan 1: 125. Reaksi dilakukan pada kondisi yang sama persis dengan penelitian kali ini

Tabel IV-5. Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Sebelumnya

No	Parameter Perbandingan	Penelitian Menggunakan Minyak Kelapa Sawit	Penelitian Menggunakan Minyak Jarak
1	Perbandingan bahan baku	Ikatan tunggal lebih dominan	Ikatan ganda lebih dominan pada komposisi trigliserida

2	Komposisi produk	Bervariasi antara C ₂ -C ₄ , serta mengandung banyak kandungan CO ₂ juga hidrokarbon berat	Bersih dari CO ₂ sangat selektif pada C ₄ dan hidrokarbon berat C ₅
3	Yield C ₃ dan C ₄	0% - 23 %	15% - 20 %
4	Mekanisme Perengkahan	Pemotongan pada ikatan CO ₂	Pemotongan lebih spesifik pada ikatan rangkap
5	Suhu dan rasio katalis optimum	370°C dan rasio massa katalis/CPO 1:125	340°C dan rasio massa katalis/CPO 1:100

Pada tabel diatas terlihat bahwa mekanisme perengkahan yang dominan pada minyak kelapa sawit adalah pada ikatan C=O, sehingga terdapat banyak produk CO₂ pada produk gas, dibandingkan dengan pada minyak jarak dimana pemotongan terjadi pada ikatan rangkap, karena lebih banyak terdapat ikatan rangkap sehingga pemotongan yang terjadi akan lebih stabil dan produk yang dihasilkan lebih selektif pada produk hidrokarbon, dibandingkan dengan produk minyak kelapa sawit yang menghasilkan lebih banyak CO₂.

Pada kedua penelitian memiliki kecenderungan yang sama yaitu kondisi optimum dicapai pada suhu tertinggi dan rasio massa katalis/bahan baku yang lebih besar.



BAB V

KESIMPULAN

1. Hidrokarbon C_4 dapat disintesis dari minyak jarak pagar melalui proses perengkahan katalitik pada fasa cair dan tekanan atmosferik dengan menggunakan katalis Zeolit (ZSM-5)
2. Produk utama dari proses perengkahan minyak jarak pagar tersebut adalah fraksi hidrokarbon C_4 dengan gas hidrokarbon berat lain (C_5+). Sedangkan fraksi hidrokarbon C_3 tidak menunjukkan kecenderungan untuk diproduksi dibandingkan C_4 .
3. Fenomena terjadinya proses perengkahan diperkuat dengan meningkatnya

absorbansi ikatan C=C yang merupakan hasil dari proses perengkahan parafin dan olefin yang menghasilkan olefin-olefin baru (Pembahasan bagian IV-2)

4. Hasil optimum untuk reaksi perengkahan katalitik ini diperoleh pada reaksi dengan suhu 340°C dan rasio massa katalis/SJO = 1:100
5. Peningkatan suhu akan meningkatkan meningkatkan yield C₄. Peningkatan rasio massa katalis/SJO justru akan menurunkan yield C₄ karena terlalu banyaknya inti asam yang berpengaruh pada pembentukan coking dan perengkahan yang terlalu aktif
6. Densitas produk cair hasil perengkahan katalitik SJO akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu reaksi jika dibandingkan densitas SJO mula-mula karena pengaruh proses polimerisasi/*coupling*

DAFTAR PUSTAKA

- Giwangkara S, EG.,(2006), “Aplikasi Logika Syaraf Fuzzy Pada Analisis Sidik Jari Minyak Bumi Menggunakan Spetrofotometer Infra Merah - Transformasi Fourier (FT-IR)”, Sekolah Tinggi Energi dan Mineral, Cepu - Jawa Tengah.
- G.M. Giibitz, M. Mittelbach, M. Trabi (1998), Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas L.*
- Iswara, G. (2006). *Sintesis Bensin Bio dari Minyak Kelapa Sawit melalui Reaksi Perengkahan Katalitik pada Fasa Cair Menggunakan Katalis H-Zeolit,*

- Skripsi*. Depok: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- J.B.Kandal dan Mira Madan (1994), *Jatropha curcus* : a renewable source of energy for meeting future energy needs)
- Nasikin, M. (2005). *Pembuatan Biogasoline dari Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis Zeolit Alam*. Laporan Substansi RUT 2005 dan Rencana Kerja RUT Tahun 2006. Kementrian Riset dan Teknologi dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Nasikin, M., & Hirsaman, M. A. (2005). *Sintesis Biogasoline dari Minyak Kelapa Sawit Melalui Reaksi Hydrocracking dengan Katalis Ni/Zeolit*, Seminar. Depok: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Nett Technology Inc. (2007a). *What Are Diesel Emission?* Retrieved Maret 7, 2007, from http://www.nett.ca/faq_diesel.htm
- Nett Technology Inc. (2007b). *What Is LPG*. Retrieved Maret 7, 2007, from http://www.nett.ca/faq_lpg.htm
- Satterfield, C.N. (1991). *Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice*. 2nd ed. Mexico: McGraw-Hill, Inc.
- Speight, J. (1991). *The Chemistry and Technology of Petroleum*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Twaiq, F. A., Zabidi, N. A., & Bhatia, S. (2003). Catalytic Conversion of Palm Oil Over Mesoporous Aluminosilicate MCM-41 for Production of Liquid Hydrocarbon Fuels. *Elsevier Journal of Fuel Processing Technology*, 84 , 105-120.
- Twaiq, F. A., Zabidi, N. A., & Bhatia, S. (1999). Catalytic Conversion of Palm Oil to Hydrocarbons : Performance of Various Catalyst. *American Chemical Society Journal*, 3230 .
- Wikipedia. (2007a). *Butane*. Retrieved Mei 1, 2007, from Wikipedia International Encyclopedia: <http://www.wikipedia.org/butane>
- Wikipedia. (2007b). *Liquified Petroleum Gas*. Retrieved Mei 1, 2007, from Wikipedia International Encyclopedia: <http://www.wikipedia.org/LPG>
- Wikipedia. (2007c). *Propane*. Retrieved Mei 1, 2007, from

<http://www.wikipedia.org/propane>



LAMPIRAN

Tahap Reaksi Perengkahan Berkatalis

Sampel 1 : Rasio 1 : 75 ; 320 C

Analisa GC tahap kenaikan suhu

Waktu	160	180	200	220	240	260	280	300	320
Total	0.029098	0.029434	0.032572	0.040447	0.04171	0.097044	0.112535	0.075919	0.060518
Total Sampel	0.733279	0.856348	0.61342	0.58172	0.58172	0.66183	0.525317	0.386611	0.451908
Yield	3.968181	3.437175	5.309944	6.953007	7.170159	14.66303	21.42237	19.63692	13.39173

Analisa GC tahap penahanan suhu

Waktu	320	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit	35 menit	40 menit	45 menit	50 menit	55 menit	60 menit
Total	0.060518	0.050969	0.048637	0.033962	0.044755	0.090005	0.053915	0.05667	0.052869	0.050427	0.081037	0.088249	0.052473
Total Sampel	0.451908	0.3202	0.377364	0.30453	0.3015	0.2315	0.3125	0.3426	0.55778	0.4189	0.5127	0.5489	0.5303
Yield	13.39173	15.918	12.88867	11.15237	14.84411	38.87905	17.2528	16.54124	9.4785	12.03793	15.80593	16.07744	9.894965

Analisa tahap distilasi

Densitas : 0.920 gr/ml
 Massa awal distilasi : 13.1 gr
 Massa distilat : 4.45 gr
 Volume distilat : 6 ml
 Massa residu : 6.8 gr

Sampel 2 : Rasio 1 : 75 ; 330 C

Analisa GC tahap reaksi

Waktu	0 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit	35 menit	40 menit	45 menit	50 menit	55 menit	60 menit
Total produk C4	0.054761	0.047357	0.046671	0.062771	0.046429	0.046551	0.060418	0.056984	0.063621	0.070395	0.050118	0.088349	0.078118
Total Sampel	0.420368	0.341818	0.266575	0.269483	0.223856	0.276572	0.235593	0.242792	0.475623	0.344065	0.493428	0.537667	0.53363
Yield	13.02689	13.85447	17.50762	23.29292	20.74053	16.83163	25.64487	23.47038	13.37628	20.45974	10.15716	16.43193	14.6389

Analisa tahap distilasi

Densitas : 0.924 gr/ml
 Massa awal distilasi : 13.23 gr
 Massa distilat : 4.84 gr
 Volume distilat : 6.1 ml
 Massa residu : 5.57 gr

Sampel 3 : Rasio 1 : 75 ; 340 C

Analisa GC tahap reaksi

Waktu	0 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit	35 menit	40 menit	45 menit	50 menit	55 menit	60 menit
Total produk C4	0.04873439	0.042636	0.044134	0.038995	0.066837	0.067347	0.068457	0.061282	0.062361	0.065416	0.062098	0.105982	0.063819
Total Sampel	0.59037423	0.573248	0.479957	0.512806	0.500508	0.500508	0.468698	0.184371	0.537805	0.344065	0.199872	0.495314	0.511698
Yield	8.2548301	7.437654	9.19544	7.604241	13.35379	13.45568	14.6057	33.23816	11.59552	19.01274	31.06891	21.39689	12.47197

Analisa tahap distilasi

Densitas : 0.937 gr/ml
 Massa awal distilasi : 12.5 gr
 Massa distilat : 4.08 gr

Volume distilat : 5.7 ml

Massa residu : 8.23 gr

Sampel 4 : Rasio 1 : 100 ; 320 C

Tahap kenaikan suhu

Suhu	180	200	220	240	260	280	300	320
Total	0.014623	0.051996	0.045897	0.089628	0.088742	0.088742	0.100229	0.078459
Total Sampel	0.491089	0.435777	0.419373	0.410498	0.407918	0.678706	0.392418	0.3384
Yield	2.977709	11.93168	10.9441	21.83384	21.7549	13.07521	25.54143	23.18518

Waktu	320	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit	35 menit	40 menit	45 menit	50 menit	55 menit
Total	0.078459	0.09144	0.074143	0.093904	0.097368	0.056381	0.045558	0.149185	0.215676	0.143224	0.18417	0.137429
Total Sampel	0.3384	0.334073	0.377364	0.315456	0.24901	0.338022	0.569996	0.266949	0.55778	0.486294	0.543078	0.5489
Yield	23.18518	27.37137	19.64748	29.76772	39.10218	16.6797	7.992603	55.88511	38.66685	29.45203	33.91234	25.03711

Analisa tahap distilasi

Densitas : 0.942 gr/ml

Massa awal distilasi : 14.01 gr

Massa distilat : 4.86 gr

Volume distilat : 6.5 ml

Massa residu : 5.43 gr

Sampel 5 : Rasio 1 : 100 ; 330 C

Waktu	0 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit	35 menit	40 menit	45 menit	50 menit	55 menit	60 menit
Total	0.126445	0.100813	0.228683	0.088837	0.073381	0.101625	0.146322	0.06213	0.068134	0.116963	0.053983	0.055383	0.079861

Total Sampel	0.632578	0.512762	0.405615	0.203026	0.115234	0.425076	0.370878	0.360045	0.503786	0.401106	0.496858	0.483616	0.4272
Yield	19.98884	19.66072	56.3792	43.75616	63.67984	23.90748	39.45294	17.25609	13.52441	29.16006	10.86483	11.45182	18.69396

Analisa tahap distilasi

Densitas : 0.945
 Massa awal distilasi : 13.83 gr
 Massa distilat : 4,61 gr
 Volume distilat : 5,9 ml
 Massa residu : 6,33 gr

Sampel 6 : Rasio 1 : 100 ; 340 C

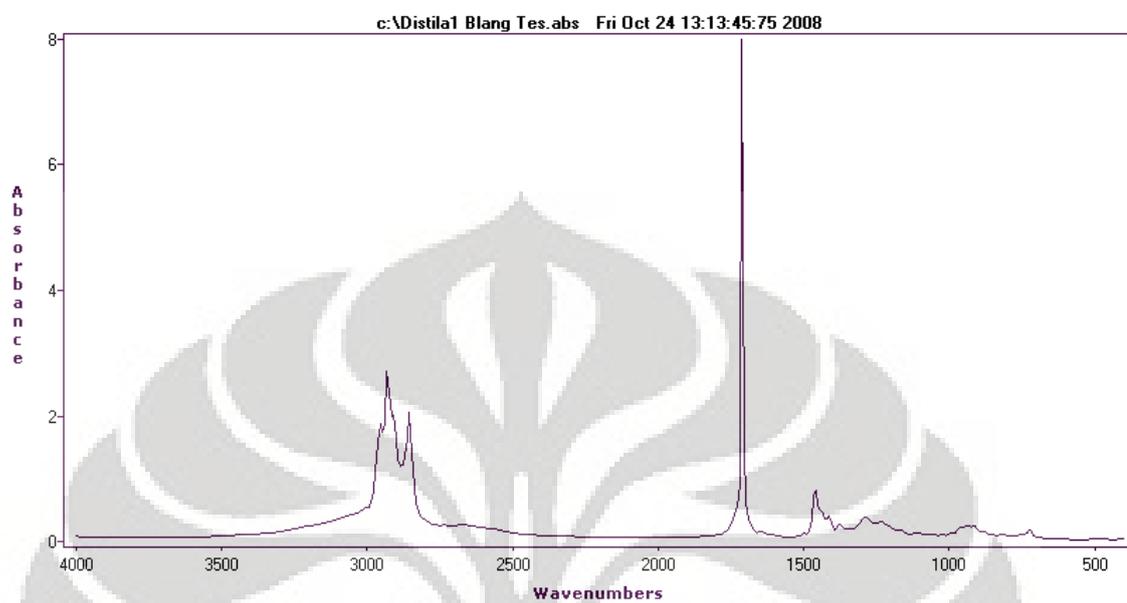
Waktu	0 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit	35 menit	40 menit	45 menit	50 menit	55 menit	60 menit
Total	0.10106583	0.04627	0.053243	0.064372	0.066837	0.118319	0.094684	0.095354	0.070594	0.27202	0.09055	0.083917	0.078579
Total Sampel	0.5714	0.4908	0.41895	0.371745	0.3359	0.212	0.3037	0.2666	0.1531	0.28056	0.285928	0.30525	0.269949
Yield	17.6874043	9.427506	12.7087	17.3163	19.89784	55.811	31.17691	35.76653	46.1099	96.95609	31.66887	27.49108	29.10899

Analisa tahap distilasi

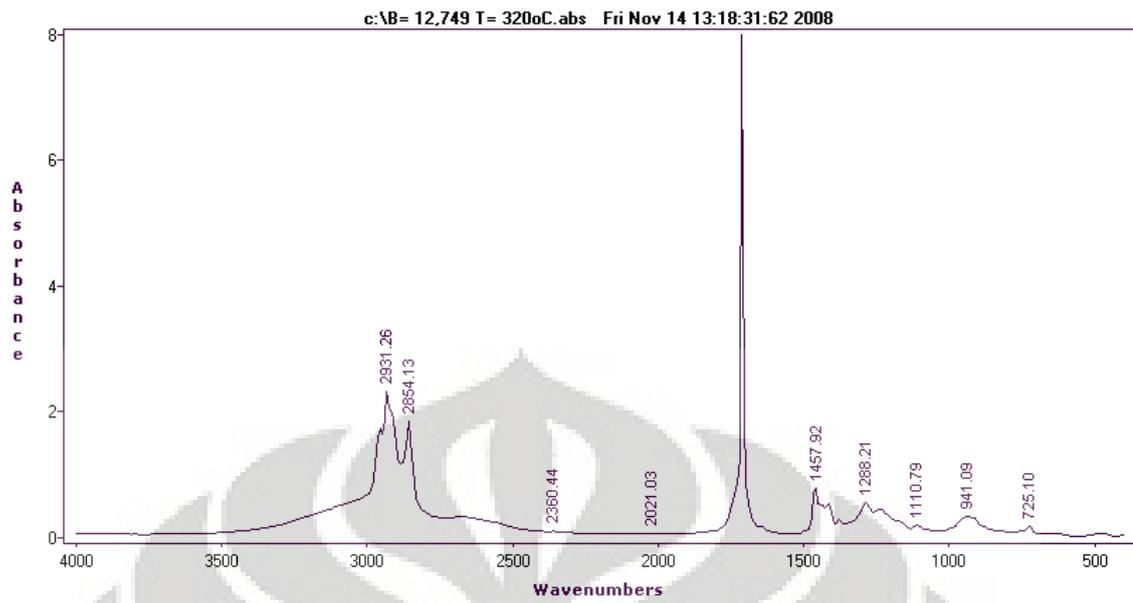
Densitas : 0.946
 Massa awal distilasi : 12,71
 Massa distilat : 4,61 gram
 Volume distilat : 6 ml
 Massa residu : 5,89 gram

Analisa FTIR

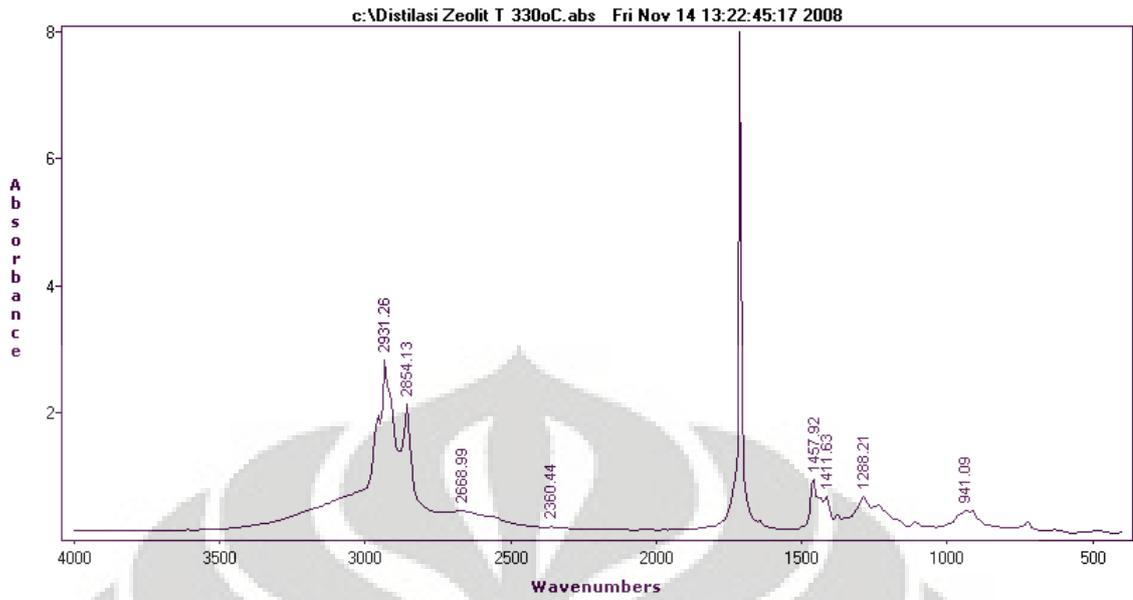
Blank Test



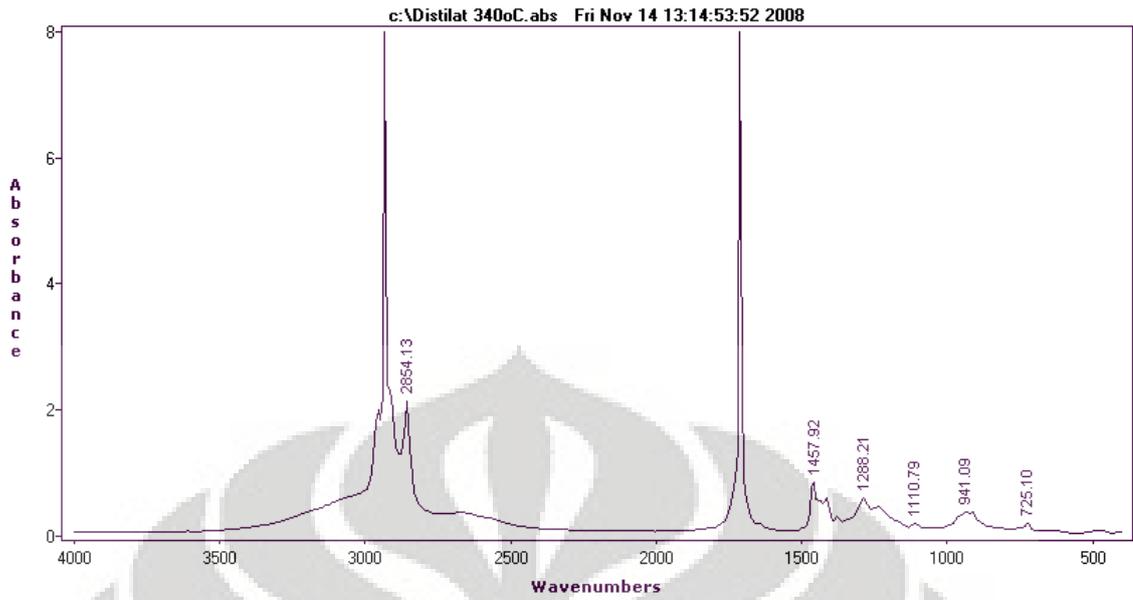
1:75 suhu 320 C



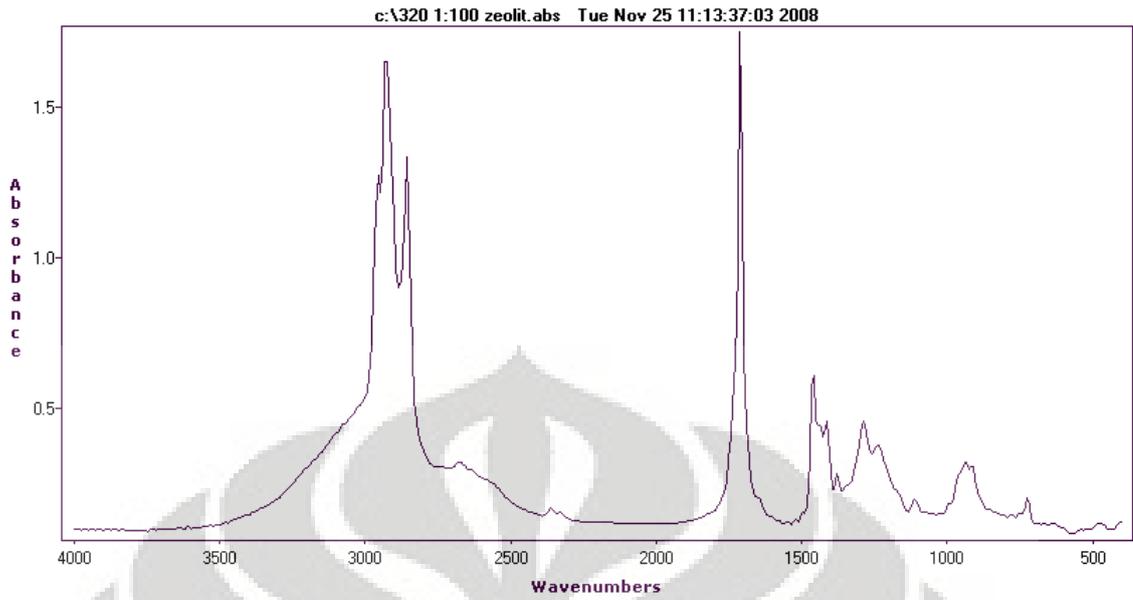
1:75 suhu 330 C



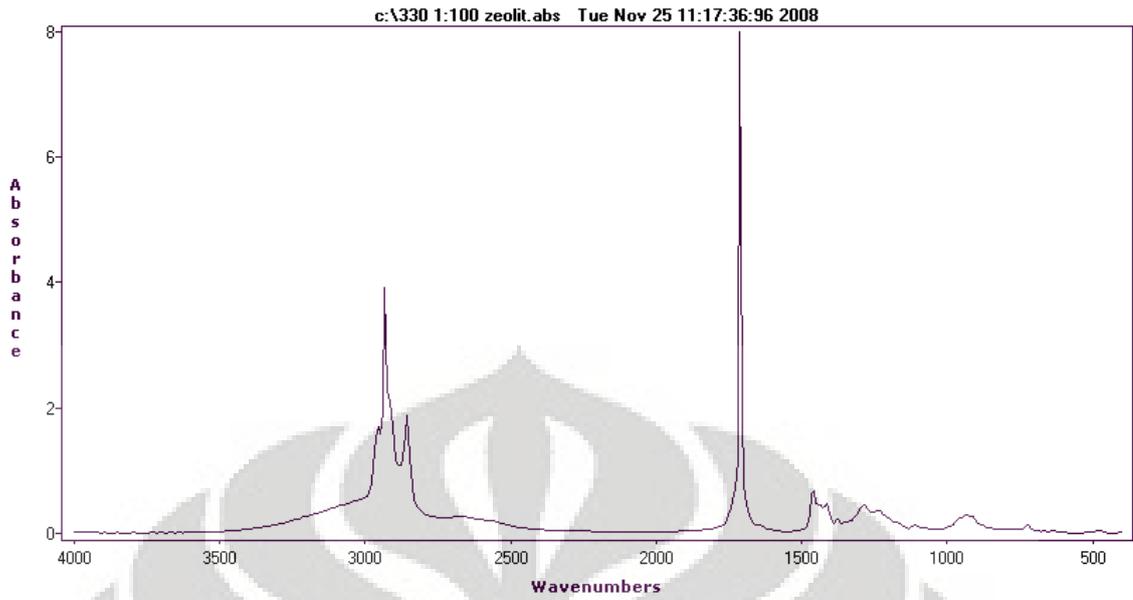
1:75 340 C



1:100 320 C



1 : 100 330 C



1:100 340 C

