



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**SINTESIS HIDROKARBON FRAKSI C<sub>3</sub> DAN C<sub>4</sub>  
DARI MINYAK KELAPA SAWIT MELALUI  
REAKSI PERENGGAHAN KATALITIK DUA TAHAP  
MENGUNAKAN KATALIS ZEOLIT**

**SKRIPSI**

**MUHAMMAD RUSYDI**

**0405067045**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA**

**DEPOK**

**2009**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**SINTESIS HIDROKARBON FRAKSI C<sub>3</sub> DAN C<sub>4</sub>  
DARI MINYAK KELAPA SAWIT MELALUI  
REAKSI PERENKAHAN KATALITIK DUA TAHAP  
MENGUNAKAN KATALIS ZEOLIT**

**SKRIPSI**

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

**MUHAMMAD RUSYDI**

**0405067045**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA**

**DEPOK**

**2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Muhammad Rusydi

NPM : 0405067045

Tanda Tangan : 

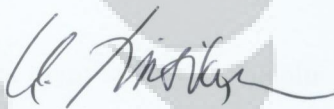
Tanggal : 9 Juli 2009

## HALAMAN PENGESAHAN

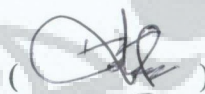
Skripsi Ini diajukan oleh :  
Nama : Muhammad Rusydi  
NPM : 0405067045  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul Skripsi : Sintesis Hidrokarbon Fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> dari  
Minyak Kelapa Sawit Melalui Reaksi Perengkahan  
Katalitik Dua Tahap Menggunakan Katalis Zeolit

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

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Mohammad Nasikin, M.Eng



Penguji : Dr. Ir. Slamet, M.T.



Penguji : Ir. Bambang Heru Susanto, M.T.



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 14 Juli 2009 .

## KATA PENGANTAR

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) Doni Resita 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 di kala 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, 9 Juli 2009

Muhammad Rusydi

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

---

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

Nama : Muhammad Rusydi

NPM : 0405067045

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 Royalti Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Sintesis Hidrokarbon Fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> Dari Minyak Kelapa Sawit Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik Dua Tahap Menggunakan Katalis Zeolit**

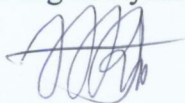
Bersama perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 9 Juli 2009

Yang Menyatakan



Muhammad Rusydi

## ABSTRAK

Nama : Muhammad Rusydi  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : Sintesis Hidrokarbon Fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> Dari Minyak Kelapa Sawit melalui Reaksi Perengkahan Katalitik Dua Tahap Menggunakan Katalis Zeolit.

Penelitian sebelumnya tentang sintesis hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> dari minyak kelapa sawit (CPO) menggunakan katalis zeolit RCC (*Residue Catalytic Cracking*) menunjukkan adanya kompetisi reaksi antara perengkahan gugus C=O dan hidrokarbon rantai panjang. Pada penelitian ini dilakukan perengkahan katalitik dua tahap agar menghindari kompetisi reaksi sehingga dapat mengoptimalkan yield C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>. Reaksi tahap pertama dilakukan pada suhu 350°C dan tahap kedua pada 370°C. Penelitian ini dilakukan pada fasa cair dan tekanan atmosfer menggunakan katalis zeolit RCC. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perengkahan katalitik dua tahap tidak dapat menghindari terjadinya kompetisi reaksi perengkahan gugus C=O yang menghasilkan CO<sub>2</sub> dan perengkahan hidrokarbon rantai panjang yang menghasilkan C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> karena katalis memiliki selektifitas yang hampir sama. Pada tahap pertama dan kedua selalu terdapat produk hidrokarbon C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>. Pada penelitian ini didapatkan yield hidrokarbon C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> sebesar 18% volum pada rasio massa CPO/katalis 75:1. Didapatkan pula katalis mengalami deaktivasi pada 20 menit waktu perengkahan. Sehingga untuk mengoptimalkan produk C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> katalis harus diregenerasi setiap 30 menit.

Kata kunci: Minyak kelapa sawit. Hidrokarbon C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>, Zeolit RCC. Perengkahan katalitik dua tahap

## ABSTRACT

Name : Muhammad Rusydi  
Study Program: Chemical Engineering  
Title : Synthesis of Hydrocarbon Fraction C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> From Crude Palm Oil Using Two Stage Zeolite Catalytic Cracking

Previous Research about synthesis hydrocarbon C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> fraction from palm oil (CPO) using zeolite catalytic cracking shows existence of reaction competition between C=O function cracking and long chain hydrocarbon cracking. In order to avoid competition reaction which mention above, this research use two stage zeolite catalytic cracking reaction. First stage happens at 350°C and second stage at 370°C. This research is conducted at liquid phase and atmosphere pressure uses RCC (Residue Catalytic Cracking) zeolite catalyst. This research result indicates that two stage zeolite catalytic cracking reaction can't avoid reaction competition between C=O function cracking produce CO<sub>2</sub> and long chain hydrocarbon cracking produce C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub>. This result happens because catalyst has almost same selectivity. CO<sub>2</sub> and C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> always be produced in first stage and second stage. This research got 18% volume C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> at CPO/catalyst mass ratio 75:1. Beside that, research found that catalyst was deactivated after 20 minute at cracking temperature. Base on this fact, catalyst must be regenerated every 30 minutes to optimize C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> yield.

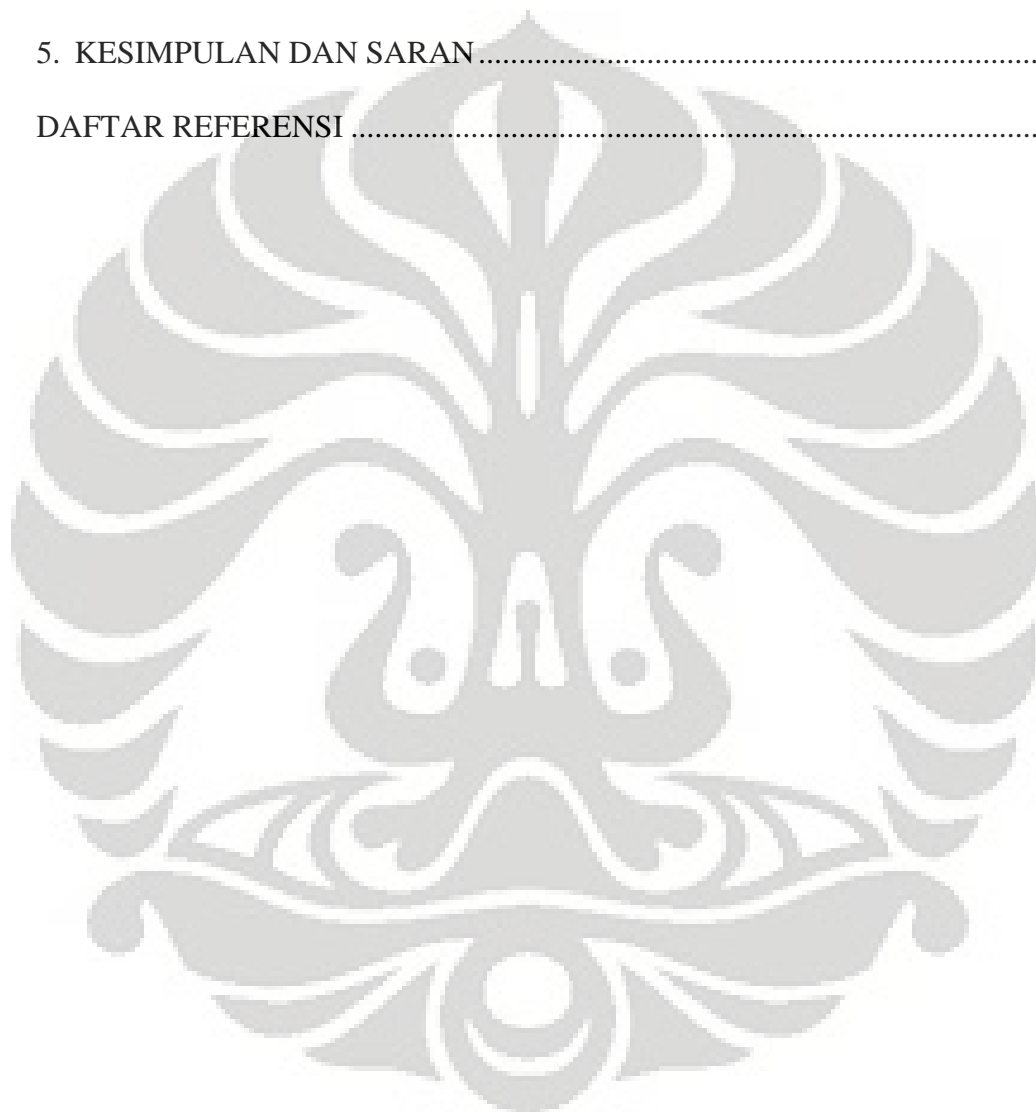
Keyword: Crude Palm Oil, C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> hydrocarbon, RCC zeolite catalyst, Two Stage catalytic cracking.



## DAFTAR ISI

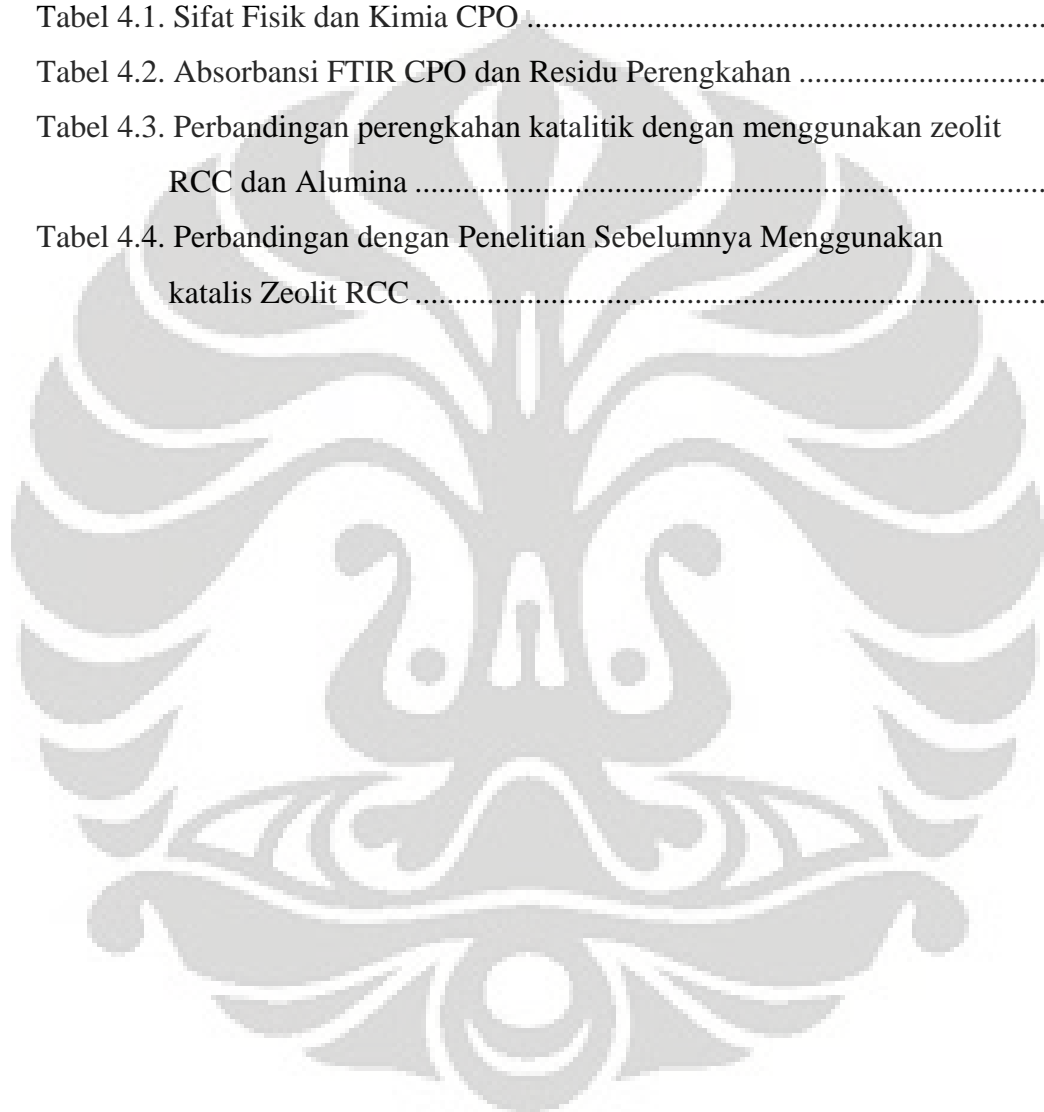
HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN .....	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Batasan Masalah.....	6
1.5. Sistematika Penulisan.....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Minyak Kelapa Sawit.....	7
2.2. Reaksi Perengkahan Katalitik .....	9
2.3. Reaksi Perengkahan Katalitik Pada Minyak Kelapa Sawit.....	11
2.4. Katalis Zeolit RCC.....	13
2.5. Hidrokarbon Fraksi C <sub>3</sub> dan C <sub>4</sub> .....	15
3. METODE PENELITIAN .....	16
3.1. Alur Penelitian .....	16
3.2. Variabel Penelitian .....	17
3.3. Alat dan Bahan.....	18
3.4. Prosedur Penelitian .....	18
3.4.1. <i>Blank Test</i> .....	18
3.4.2. Reaksi Perengkahan Katalitik Minyak Kelapa Sawit.....	19
3.4.3. Tahap Distilasi .....	21
3.4.4. Tahap Analisis Produk Perengkahan .....	21
3.4.5. Tahap Penyajian dan Pengolahan Data.....	23
3.5. Gambar dan Skema Alat Penelitian .....	24
3.6. Pelaksanaan Penelitian .....	25
4. PEMBAHASAN .....	26
4.1. Analisis Percobaan.....	26
4.1.1. Tahap <i>Blank Test</i> .....	26
4.1.2. Tahap Perengkahan Katalitik.....	27
4.1.3. Tahap Distilasi .....	28

4.2. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap Produk Perengkahan.....	28
4.3. Perbandingan Produk Gas Tahap 1 dan Tahap 2 .....	31
4.4. Pengaruh Rasio Massa CPO/katalis Terhadap Produk Perengkahan.....	33
4.5. Analisis FTIR Produk Hasil Perengkahan .....	36
4.6. Analisis Densitas Produk Perengkahan.....	38
4.7. Analisis Alur Perengkahan.....	39
4.8. Perbandingan Dengan Perengkahan Menggunakan katalis Alumina .....	42
4.9. Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya .....	43
4.10. Usulan Proses Yang Diajukan.....	44
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
DAFTAR REFERENSI .....	48



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Hasil Penelitian pada suhu variasi perengkahan 350°C.....	4
Tabel.2.1. Komposisi Trigliserida Dalam Minyak Kelapa Sawit .....	7
Tabel 2.2. Struktur asam lemak dalam minyak kelapa sawit.....	8
Tabel 2.3. Asam lemak dan hidrokarbon terbentuk pada penghilangan CO <sub>2</sub> .....	12
Tabel 4.1. Sifat Fisik dan Kimia CPO .....	24
Tabel 4.2. Absorbansi FTIR CPO dan Residu Perengkahan .....	35
Tabel 4.3. Perbandingan perengkahan katalitik dengan menggunakan zeolit RCC dan Alumina .....	40
Tabel 4.4. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya Menggunakan katalis Zeolit RCC .....	41



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Alur perengkahan minyak kelapa Sawit menjadi <i>biogasoline</i> .....	3
Gambar 2.1. Struktur Triglicerida .....	8
Gambar 2.2. Reaksi penghilangan gugus CO <sub>2</sub> .....	11
Gambar 2.3. Reaksi perengkahan hidrokarbon .....	12
Gambar 2.4. Struktur asam bronsted dan asam lewis .....	14
Gambar 2.5. Struktur pori ZSM-5 .....	14
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian .....	16
Gambar 3.2. Skema Perengkahan Katalitik Dua tahap .....	24
Gambar 3.3. Alat perengkahan Katalitik .....	24
Gambar 3.4. Alat Distilasi .....	25
Gambar 4.1. Pengaruh waktu reaksi terhadap produk Perengkahan Tahap 1 .....	27
Gambar 4.2. Pengaruh waktu reaksi terhadap produk Perengkahan Tahap 2 .....	28
Gambar 4.3. Perbandingan produk C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub> Tahap 1 dan 2 .....	30
Gambar 4.4. Perbandingan produk CO <sub>2</sub> Tahap 1 dan 2 .....	30
Gambar 4.5. Yield produk tahap 1 dan 2 .....	31
Gambar 4.6. Perbandingan Yield pada variasi rasio massa CPO/katalis .....	31
Gambar 4.7. Perbandingan yield C <sub>3</sub> dan C <sub>4</sub> .....	33
Gambar 4.8. Perbandingan yield CO <sub>2</sub> pada rasio massa CPO/katalis .....	34
Gambar 4.9. FTIR CPO Murni .....	34
Gambar 4.10. FTIR Produk hasil perengkahan Tahap 1 .....	35
Gambar 4.11. FTIR Produk hasil Perengkahan tahap 2 .....	35
Gambar 4.12. Perbandingan densitas dari berbagai produk Perengkahan .....	37
Gambar 4.13. Alur Reaksi Perengkahan katalitik .....	39
Gambar 4.14. Reaksi Perengkahan hidrokarbon rantai panjang .....	40
Gambar 4.15. Regenerasi katalis pada suhu 370°C .....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

Pengolahan Data GC .....	50
Data FTIR .....	54
Yield, Konversi , dan Selektifitas .....	57



## DAFTAR SINGKATAN

C	Carbon
H	Hidrogen
O	Oksigen
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

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1.Latar Belakang**

Minyak bumi merupakan sumber utama untuk memenuhi kebutuhan energi di Dunia termasuk di Indonesia. Minyak bumi dapat diolah menjadi berbagai macam produk sumber energi seperti bahan bakar minyak (bensin, minyak tanah, solar), LPG, ataupun untuk bahan baku petrokimia.

LPG merupakan bahan bakar yang dibuat dari hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> (propana) dan C<sub>4</sub> (butana). Kebutuhan akan LPG meningkat seiring dengan program konversi minyak tanah ke gas LPG yang sedang dicanangkan oleh Pemerintah. Dampak dari program konversi minyak tanah ke LPG ini menyebabkan kebutuhan masyarakat akan LPG menjadi mencapai 1553 ribu M ton pada tahun 2008 dan diproyeksikan pada tahun 2025 akan mencapai dua kali lipat dari permintaan saat ini (Purwanto, 2006). Peningkatan kebutuhan LPG ini tentunya harus diiringi dengan peningkatan kapasitas produksi dari LPG yang berasal dari minyak bumi yang berarti meningkatnya kebutuhan Minyak Bumi Indonesia.

Peningkatan kebutuhan minyak bumi tentunya tidak bisa diiringi dengan peningkatan cadangan minyak bumi Indonesia. Cadangan Minyak bumi Indonesia yang sudah terbukti sebesar 4,3 Miliar barel (BP Migas, 2006). Yang artinya dengan kapasitas produksi minyak seperti sekarang maka dalam jangka waktu sekitar 15 tahun lagi maka cadangan minyak bumi Indonesia akan habis, jika tidak ditemukan sumber minyak bumi yang baru lagi.

Oleh karena itu, perlu dicari sumber energi lain yang dapat menggantikan minyak bumi untuk memenuhi kebutuhan LPG dan bahan baku petrokimia. Salah satu sumber tersebut adalah minyak kelapa sawit. Minyak kelapa sawit dipilih untuk mensubstitusi minyak bumi dalam pembuatan hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> karena komponen trigliserida di dalam minyak kelapa sawit yang memiliki kemiripan dengan komponen hidrokarbon rantai panjang yang terdapat dalam minyak bumi.

Indonesia adalah produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia, pada tahun 2007 yang lalu produksi Indonesia mencapai 17,5 juta ton, dan pada akhir tahun 2008 diperkirakan produksi minyak kelapa sawit Indonesia mencapai 19,330 juta ton. (Fazli, 2008). Seharusnya hal ini menjadi peluang besar bagi Indonesia untuk melakukan diversifikasi produk minyak kelapa sawit menjadi bahan-bahan yang memiliki nilai manfaat dan nilai jual yang lebih tinggi. Salah satunya adalah mengolah minyak kelapa sawit tersebut menjadi hidrokarbon setaraf fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>.

Saat ini, penelitian dan pemanfaatan minyak kelapa sawit sebagai sumber bahan bakar alternatif sudah semakin banyak dan berkembang. Salah satu penelitian yang dilakukan adalah sintesis biogasoline dari minyak kelapa sawit telah berhasil mendapatkan konversi 95.99 %berat dengan yield 36.45 %berat fraksi gasoline dan 12.54 %berat fraksi C<sub>1</sub> – C<sub>4</sub> dari reaksi perengkahan katalitik minyak kelapa sawit dengan katalis ZSM-5. (Bhatia dkk, 2003).

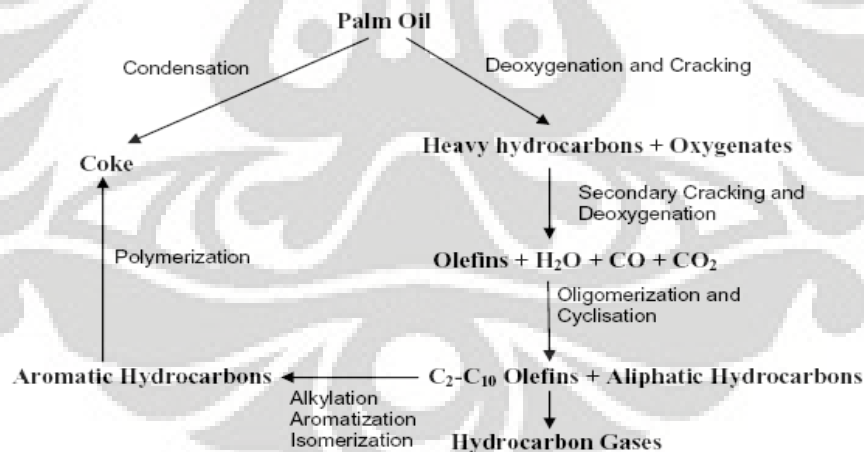
Penelitian di Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia juga telah berhasil membuat biogasoline dengan bilangan oktan tinggi melalui metode perengkahan katalitik minyak kelapa sawit dengan katalis H-Zeolit alam pada fasa cair yang dilakukan oleh Iswara dkk.. Pada proses pembuatan biogasoline dengan katalis H-zeolit alam tersebut, reaksi perengkahan minyak kelapa sawit dilakukan secara *batch* pada fasa cair, tekanan atmosferik, suhu 320<sup>0</sup>C, 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 C<sub>1</sub> – C<sub>4</sub> sekitar 6 %berat (Iswara dkk, 2006).

Dari penelitian tersebut didapat fakta bahwa selain menghasilkan biogasoline perengkahan katalitik minyak kelapa sawit juga dapat menghasilkan hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Penelitian untuk mendapatkan hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> dari minyak kelapa sawit dengan reaksi perengkahan katalitik pada fasa cair dengan reaktor tumpak dan tekanan atmosferis juga telah dilakukan di Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia yaitu dengan menggunakan katalis Zeolit RCC (Dewi dkk, 2007) dan katalis alumina (Hidayat dkk, 2007). Pada proses reaksi perengkahan dengan menggunakan katalis Zeolit RCC dengan rasio massa katalis/CPO 1:125



didapatkan konversi sebesar 57,54% dan yield C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> sebesar 25,28% berat, serta yield CO<sub>2</sub> sebesar 19,55%. Sedangkan pada rasio massa katalis/CPO 1:75 didapatkan konversi sebesar 44,87% dan yield C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> sebesar 4,57% serta yield CO<sub>2</sub> sebesar 24,59%. Suhu optimum reaksi perengkahan minyak kelapa sawit menjadi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> sekitar 370°C.

Hasil yang didapatkan pada penelitian sebelumnya menunjukkan CO<sub>2</sub> yang sudah dapat direngkahkan dari komponen trigliserida dari minyak kelapa sawit sebesar 24,59% berat pada rasio massa katalis/CPO 1:75 (Dewi dkk, 2007). Pada rasio ini, produk hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> yang diperoleh sangat sedikit. Hasil ini kemungkinan terjadi karena adanya reaksi kompetisi antara reaksi perengkahan minyak kelapa sawit yang menghasilkan CO<sub>2</sub> dan yang menghasilkan hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Karena reaksi tersebut terjadi secara kompetisi pada katalis yang sama sehingga katalis tidak berfungsi optimal. Salah satu mekanisme reaksi perengkahan katalitik minyak kelapa sawit mengikuti alur seperti pada gambar 1.1 di bawah.



**Gambar 1.1.** Alur perengkahan minyak kelapa Sawit menjadi *biogasoline* (Tan et al, 1999)

Reaksi perengkahan minyak kelapa sawit terjadi melalui beberapa tahapan seperti gambar di atas. Minyak kelapa sawit mengalami *primary cracking* dan deoksigenasi dimana minyak kelapa sawit akan terengkah menjadi hidrokarbon berat,

senyawa hidrokarbon oksigenat dan karbondioksida. Kemudian hidrokarbon berat akan mengalami *secondary cracking* akan menghasilkan parafin ringan maupun olefin ringan, selain itu senyawa hidrokarbon oksigenat juga akan mengalami deoksigenasi menghasilkan CO<sub>2</sub>, CO dan H<sub>2</sub>O (Tan et al, 1999)

Berdasarkan mekanisme tersebut maka penelitian ini akan berupaya meningkatkan hasil yang didapatkan pada penelitian sebelumnya. Upaya yang dilakukan adalah dengan melakukan proses reaksi perengkahan katalitik dua tahap, dimana perengkahan katalitik dilakukan pada dua suhu yaitu suhu yang lebih rendah dari suhu optimum untuk terjadinya *primary cracking* dan deoksigenasi yang menghasilkan CO<sub>2</sub> dan hidrokarbon berat. Dimana pada suhu yang lebih rendah ini tidak terjadi *secondary cracking* sehingga tidak dihasilkan hidrokarbon pendek seperti C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>, seperti terjadi pada penelitian sebelumnya yang bisa dilihat pada tabel 1.1 . Suhu yang kedua yaitu pada suhu optimum perengkahan untuk terjadinya *secondary cracking* merengkah hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek seperti C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Proses perengkahan katalitik dua tahap ini dilakukan agar proses perengkahan yang menghasilkan CO<sub>2</sub> tidak berkompetisi dengan proses perengkahan hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek seperti C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>.

**Tabel 1.1. Hasil Penelitian pada suhu variasi perengkahan 350°C (Dewi, 2007)**

SUHU	350 <sup>0</sup> C	360 <sup>0</sup> C	370 <sup>0</sup> C
Katalis/CPO	1:100	1:100	1:100
ρ CPO hasil perengkahan (gr/ml)	0.907	0.899	0.894
Produk gas (gr)	1.409	3.211	3.716
Produk cair (gr)	7.2	5.613	6.888
ρ produk cair (gr/ml)	0.791	0.758	0.703
IBP (°C)	360	330	320
Konversi	39.85%	50.35%	57.96%
<b>YIELD</b>			
CH <sub>4</sub>	0.00%	0.00%	0.00%
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.00%	1.07%	0.76%

C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.00%	3.30%	1.21%
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0.00%	0.00%	0.87%
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.00%	0.00%	0.85%
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.00%	0.00%	7.86%
CO <sub>2</sub>	6.52%	13.95%	8.77%
Produk cair (C <sub>5+</sub> )	33.33%	32.03%	37.65%

Pada penelitian ini minyak sawit yang digunakan sebagai bahan baku adalah *crude palm oil* (CPO) yang bertujuan untuk meningkatkan nilai guna dari CPO dan diversifikasi produk turunan CPO. Sedangkan katalis yang digunakan adalah katalis Zeolit RCC (*Residue Catalytic Cracking*) yang selama ini telah secara komersial digunakan pada proses perengkahan katalitik *long residu* minyak bumi di Pertamina Balongan. Pemilihan katalis Zeolit RCC ini karena kekuatan asam zeolit RCC cukup tinggi sehingga perengkahan akan menghasilkan fraksi hidrokarbon C<sub>3</sub> – C<sub>4</sub>. Katalis Zeolit RCC ini tidak perlu dipreparasi lagi.

## 1.2. Rumusan Masalah

Apakah reaksi perengkahan katalitik dua tahap dapat menghindari reaksi kompetisi antara pembentukan CO<sub>2</sub> dan pembentukan hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> pada reaksi perengkahan katalitik minyak kelapa sawit ?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini adalah:

1. Mensintesis hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> dari minyak kelapa sawit melalui reaksi perengkahan katalitik dengan menggunakan katalis Zeolit RCC
2. Menghitung konversi, yield, dan selektivitas produk hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>.
3. Mengoptimalkan produk berupa hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>
4. Mendapatkan pengaruh dari waktu reaksi terhadap konversi serta yield C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> sehingga didapatkan nilai optimum pada sintesis hidrokarbon C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> melalui reaksi perengkahan katalitik

#### 1.4. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, penulis membatasi masalah sebagai berikut:

1. Perengkahan minyak kelapa sawit dilakukan dengan metode perengkahan katalitik dua tahap dengan menggunakan katalis Zeolit RCC
2. Reaksi Perengkahan katalitik dilakukan pada fasa cair dengan menggunakan reaktor tumpak pada tekanan atmosferik
3. Minyak sawit yang digunakan adalah CPO

#### 1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan seminar ini adalah sebagai berikut:

##### BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi Pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

##### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tinjauan pustaka yang membahas minyak kelapa sawit, perengkahan katalitik secara umum dan perengkahan katalitik minyak kelapa sawit, katalis zeolit, dan hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>

##### BAB 3 METODE PENELITIAN

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

##### BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

##### BAB 5 KESIMPULAN

Berisi tentang kesimpulan dan saran yang dapat diambil berdasarkan percobaan yang telah dilakukan terkait dengan tujuan penelitian ini.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

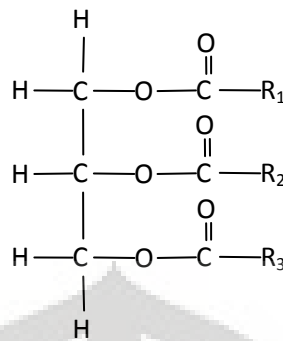
#### 2. 1. Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit merupakan minyak nabati yang berasal dari tanaman kelapa sawit. Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guinensis*) berasal dari Guinea di pesisir Afrika Barat, kemudian diperkenalkan ke bagian Afrika lainnya, Asia Tenggara dan Amerika Latin sepanjang garis equator yaitu antara garis lintang utara 15° dan lintang selatan 12° (Tambun, 2006)

Minyak kelapa sawit diekstrak dari daging buah yang telah matang dikenal dengan nama *crude palm oil* (CPO). Minyak kelapa sawit mengandung berbagai macam komponen penyusun. Komponen utama penyusun minyak kelapa sawit adalah trigliserida dan asam lemak bebas (*free fatty acid/FFA*). Komponen lainnya adalah sterol, tokoferol, fosfolipid dan pigmen yang jumlahnya kurang dari 1% dari minyak kelapa sawit (Kartina, 2006). Trigliserida merupakan senyawa ester dari asam lemak dan gliserol yang berikatan. Struktur dan komposisi dari trigliserida dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut.

**Tabel 2.1 Komposisi Trigliserida Dalam Minyak Kelapa Sawit. (Ketaren S, 1986)**

<b>Trigliserida</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Tripalmitin	3 – 5
Dipalmito – stearine	1 – 3
Oleo – Miristopalmitin	0 – 5
Oleo – Dipalmitin	21 – 43
Oleo – Palmitostearine	10 – 11
Palmito – Diolein	32 – 48
Stearo – Diolein	0 – 6
Linoleo – Diolein	0 – 6



**Gambar 2.1. Struktur Trigliserida (Fessenden 1995)**

Pada gambar tersebut R1, R2, dan R3 merupakan rantai hidrokarbon panjang berupa asam lemak yang terikat pada trigliserida tersebut. Rantai hidrokarbon ini memiliki ikatan jenuh dan tak jenuh. Kebanyakan asam lemak secara umum dijumpai dalam jumlah yang berbeda pada berbagai macam minyak nabati. Pada tabel di bawah ini asam-asam lemak tersebut diberi notasi. Dua angka yang terdapat di dalam tanda kurung dipisahkan oleh tanda titik dua ( : ). Angka pertama menunjukkan jumlah atom karbon, sedangkan angka kedua menunjukkan jumlah ikatan rangkap yang terdapat dalam senyawa tersebut.

**Tabel. 2.2. Struktur asam lemak dalam minyak kelapa sawit ( Fauzi 2007 )**

Asam Lemak	Struktur	Kandungan (%)
Asam Laurat (12:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	0 - 0,04
Asam Miristat (14:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	0,6 – 1,7
Asam Palmitat (16:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	41,1 - 47
Asam Stearat (18:0)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	3,7 – 5,6

Asam Oleat (18:1)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	38,2 – 43,6
Asam Linoleat (18:2)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ Atau $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	6,6 – 11,9
Asam Linolenat (18:3)	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	1

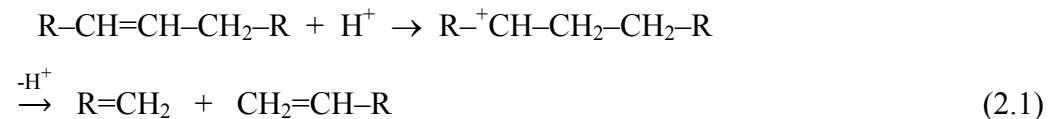
Kandungan asam lemak yang dominan dalam minyak kelapa sawit adalah asam palmitat dan asam oleat. Dari asam lemak tersebut diharapkan dapat menghasilkan produk hidrokarbon fraksi C3 dan C4 dengan cara reaksi perengkahan dengan memutus rantai karbon pada asam lemak tersebut.

## 2. 2. Reaksi Perengkahan Katalitik

Reaksi Perengkahan merupakan reaksi pemutusan hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek yang lebih berguna. Reaksi perengkahan dapat terjadi dengan berbagai cara. Pada awalnya reaksi perengkahan dilakukan dengan menggunakan suhu yang tinggi (sampai pada suhu 750°C) dan tekanan yang tinggi (sampai 700 kPa), yang disebut dengan perengkahan termal. Setelah ditemukannya katalis maka reaksi perengkahan dilakukan dengan bantuan katalis yang disebut dengan reaksi perengkahan katalitik. Penggunaan katalis akan menurunkan energi aktivasi reaksi sehingga energi 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. (Wikipedia, 2008)

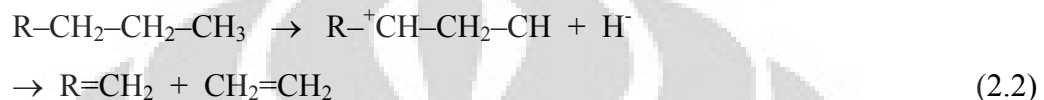
Pada perengkahan katalitik digunakan katalis asam yang akan menyebabkan pembentukan karbokation, yaitu atom karbon yang bermuatan positif pada suatu rantai hidrokarbon. Karbokation ini kemudian akan membentuk senyawa yang lebih stabil. Proses pembentukan karbokation selama reaksi perengkahan katalitik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

- ❖ Penambahan proton ( $H^+$ ) dari katalis asam seperti reaksi berikut



Pada reaksi tersebut, katalis asam bertindak sebagai penyumbang proton kepada hidrokarbon dan disebut sebagai asam Bronsted.

- ❖ 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

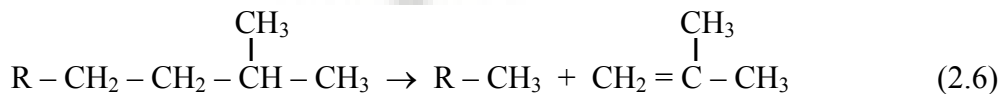
Karbokation yang terbentuk pada perengkahan katalitik menyebabkan terjadinya reaksi isomerisasi (pembentukan rantai cabang) dan eliminasi (pembentukan ikatan rangkap) sehingga produknya lebih bervariasi dibandingkan pada perengkahan termal. Selain itu, kelebihan perengkahan katalitik adalah pemutusan 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  $\gamma$
- $$-CH_2 - CH_2 - \gamma CH_2 - \beta CH_2 - \alpha CH_3 \quad (2.3)$$

- ❖ Hidrokarbon isoparaffin terengkah berturut-turut pada ikatan karbon  $\gamma$  dan  $\beta$  terhadap karbon tersier



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



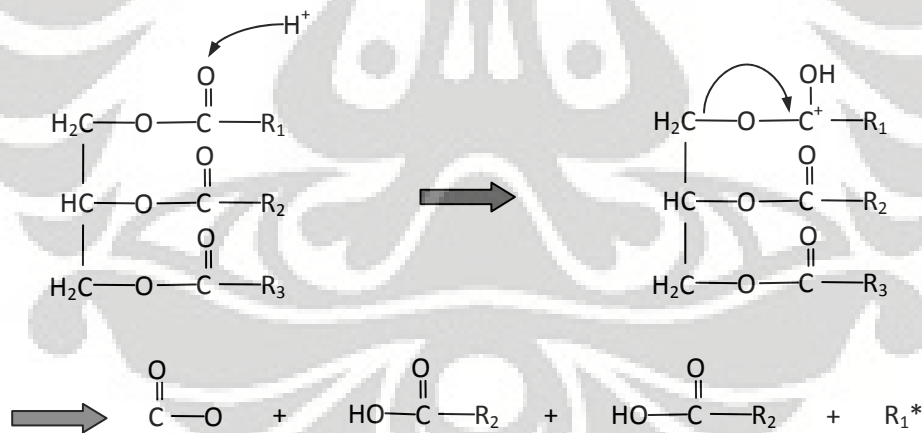


### 2. 3. Reaksi Perengkahan Katalitik Pada Minyak Kelapa Sawit

Reaksi Perengkahan katalitik dari minyak kelapa sawit terjadi melalui beberapa tahapan (Tan et al, 1999) dimana minyak kelapa sawit mengalami *primary cracking* dan deoksigenasi menghasilkan hidrokarbon berat dan senyawa hidrokarbon oksigenat, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan CO. Kemudian hidrokarbon berat mengalami *secondary cracking* menghasilkan olefin ringan, parafin ringan, sedangkan senyawa hidrokarbon oksigenat mengalami deoksigenasi menghasilkan karbondioksida, karbonmonoksida dan air. Olefin ringan kemudian mengalami reaksi oligomerisasi menghasilkan campuran dari olefin dan parafin yang lebih berat seperti kerosen dan solar. Sedangkan parafin yang lebih ringan membentuk *gasoline*. Alur dari perengkahan katalitik minyak kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 1.1 pada bagian pendahuluan.

Ada penjelasan lain mengenai proses reaksi perengkahan minyak kelapa sawit yang terdiri dari beberapa tahap (Iswara dkk, 2006), yaitu:

- ❖ Penghilangan gugus CO<sub>2</sub> pada trigliserida dan pembentukan hidrokarbon dengan katalis asam



\*R<sub>1</sub> merupakan rantai hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap

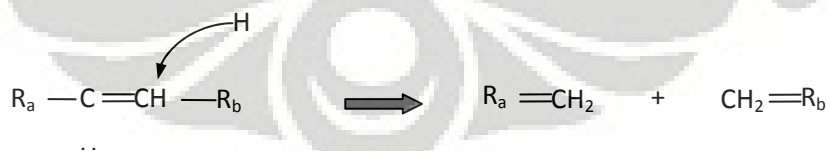
Gambar 2.2. Reaksi penghilangan gugus CO<sub>2</sub> (Iswara dkk, 2006)

Terlihat pada gambar 2.2. 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  $CO_2-C$  pada ester sehingga menghasilkan  $CO_2$  dan senyawa hidrokarbon yang berasal dari asam lemak. Setelah penghilangan  $CO_2$ , jenis hidrokarbon yang dihasilkan dari berbagai asam lemak diberikan pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Asam lemak dan hidrokarbon yang terbentuk pada penghilangan  $CO_2$  (Dewi, 2007)**

Asam Lemak	Hidrokarbon
$CH_3(CH_2)_{14}COOH$ Asam palmitat	$CH_3(CH_2)_{13}CH_3$ Pentadekana
$CH_3(CH_2)_{16}COOH$ Asam stearat	$CH_3(CH_2)_{15}CH_3$ Heksadekana
$CH_3(CH_2)_7CH = CH(CH_2)_6COOH$ Asam oleat	$CH_3(CH_2)_7CH = CH(CH_2)_5CH_3$ 5-Pentadekena
$CH_3(CH_2)_4CH = CH(CH_2)_7COOH$ Asam linoleat	$CH_3(CH_2)_4CH = CH(CH_2)_6CH_3$ 4,7-Heksadekena
$CH_3CH_2CH = CHCH_2CH = CHCH_2$ $= CH(CH_2)_7COOH$ Asam linolenat	$CH_3CH_2CH = CHCH_2CH = CHCH_2$ $= CH(CH_2)_6CH_3$ 3,6,9-Oktadekatriena

❖ Reaksi Perengkahan dengan katalis asam



**Gambar 2.3. Reaksi perengkahan hidrokarbon ( $R_1$ ) (Dewi, 2007)**

Pada Gambar 2.3. terlihat bahwa ikatan pada hidrokarbon ( $R_1$ ) yang terbentuk akan diserang oleh ion  $H^+$  pada katalis asam sehingga ikatan karbon terengkah

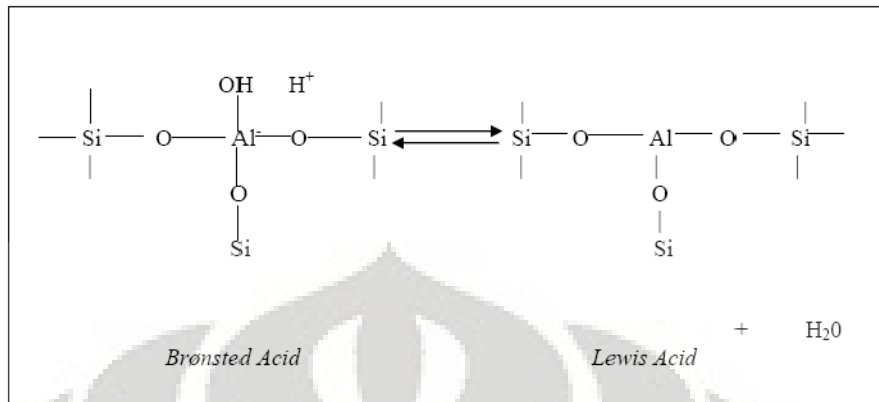
membentuk rantai karbon yang lebih pendek. Perengkahan semacam ini dilakukan hingga dihasilkan rantai hidrokarbon dengan 3 – 4 atom karbon.

Berdasarkan pemaparan di atas dapat disimpulkan bahwa fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> dapat dihasilkan dari minyak kelapa sawit melalui reaksi perengkahan katalitik apabila katalis yang digunakan dapat melakukan perengkahan lebih lanjut setelah terbentuknya fraksi *biogasoline*.

#### **2. 4. Katalis Zeolit RCC (*Residu Catalytic Cracking*)**

Katalis RCC merupakan katalis zeolit sintetis berupa mineral tektosilikat yang terdiri dari unit-unit tetrahedral [AlO<sub>4</sub>]<sup>-5</sup> dan [SiO<sub>4</sub>]<sup>-4</sup> yang saling berhubungan melalui atom O (Satterfield, 1991). Atom pusat zeolit dapat berupa Si<sup>4+</sup> atau Al<sup>3+</sup>. Jika ion Si<sup>4+</sup> 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<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub> (Richardson, 1989).

Bentuk asam dari zeolite merupakan faktor penting dari aplikasi katalitik zeolit. Jika ion aluminium yang trivalen disubstitusi secara isomorphous dengan ion silicon yang quadrivalen, dalam susunan kristal silica 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 silicon 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.

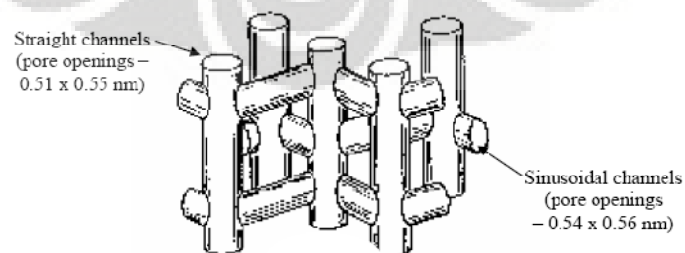


**Gambar 2.4. Struktur Asam Bronsted dan Asam Lewis (Satterfield.1991)**

Katalis RCC (*Residu Catalytic Cracking*) merupakan salah satu dari katalis ZSM-5, yang telah lama digunakan dalam proses sintesis *gasoline* dengan nilai oktan tinggi. Struktur pori katalis ZSM-5 pada gambar 2.5 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. Selain itu juga ZSM-5 dapat meningkatkan jumlah fraksi LPG dan hidrokarbon C3 dan C4 dalam bentuk olefin melalui mekanisme *secondary cracking*. (Win, 2007)

Katalis RCC selama ini dipakai di pengilangan minyak Pertamina Balongan untuk merengkah residu hasil distilasi minyak bumi. Kristal katalis RCC ini memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Luas permukaan : 200 – 800 m<sup>2</sup>/g
- Volume pori : 0.1 – 2.6 m<sup>3</sup>/g



**Gambar 2.5. Struktur pori ZSM-5 (Ward, 1984)**

## 2. 5. Hidrokarbon Fraksi C3 dan C4

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 propana berwujud gas, tetapi dalam penggunaannya propana dikompres agar mudah ditransportasikan. (Wikipedia, 2008a)

Butana (n-butana,  $C_4H_{10}$ ) merupakan rantai lurus hidrokarbon dengan empat atom karbon. Butana memiliki isomer yang dikenal dengan nama metil-propana atau iso-butana (i-butana). Butana merupakan senyawa yang mudah terbakar, tidak berwarna. (Wikipedia, 2008b)

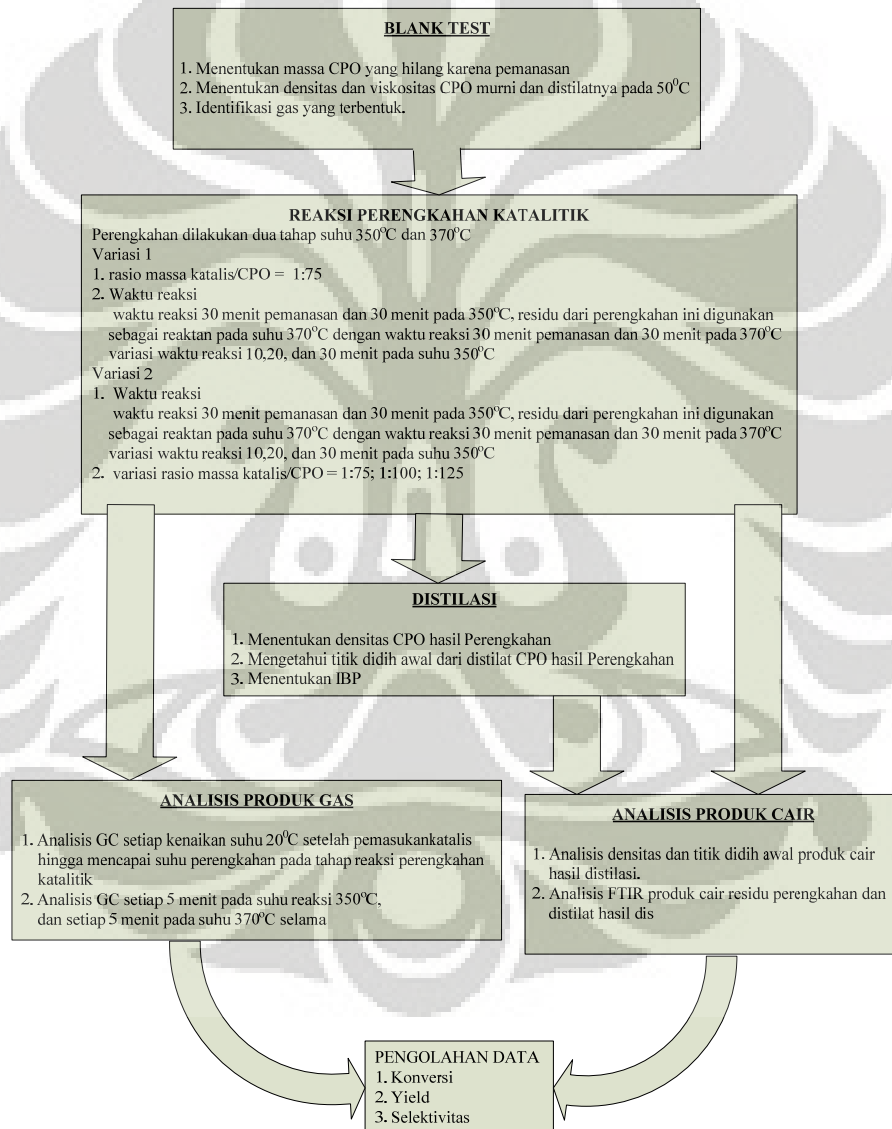
Campuran dari Butana dan Propana digunakan sebagai bahan bakar yang disebut dengan Liquefied Petroleum Gas (LPG). Pada temperatur ruang LPG akan menguap. Oleh karena itu LPG disimpan dalam tabung baja terkompresi. Hidrokarbon fraksi C3 dan C4 selain berguna sebagai bahan bakar untuk LPG, komponen ini juga berguna untuk bahan baku petrokimia, terutama untuk hidrokarbon C3 dan C4 olefin. Hidrokarbon  $C_3$  dan  $C_4$  dalam bentuk olefin ini memiliki ikatan rangkap terbuka yang sangat reaktif, sehingga mudah berpolimerisasi antara satu dengan yang lainnya membentuk polimer. Olefin ini merupakan bahan baku plastik berupa resin plastik yang berbentuk bubuk, butir atau kristal padat. Contohnya propilena ( $C_3H_6$ ) menghasilkan produk polipropilena (PP), isobutilasetat, akrilat, fenol, karet etilen propilena. Sedangkan butilena ( $C_4H_8$ ) dan butadiena ( $C_4H_6$ ) menghasilkan produk polibutadiena yang dapat dijadikan karet sintetik pengganti karet alam untuk industri ban (Hidayat dkk, 2007)

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Alur Penelitian

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan, yaitu tahap blank test dimana ditentukan berat reaktan yang hilang karena pemanasan, reaksi perengkahan katalitik, distilasi, analisis produk, dan pengolahan data. Seperti yang terlihat pada bagan alir di bawah ini.



**Gambar 3.1. Gambar Diagram Alir Penelitian.**

### 3. 2. Variabel penelitian

Kondisi operasi pada penelitian ini adalah

Variasi 1

- Waktu reaksi

Waktu reaksi yang digunakan adalah 30 menit untuk menaikkan suhu sampai pada suhu perengkahan. Dan penahanan waktu 30 menit pada suhu perengkahan. Pada perengkahan pertama divariasikan waktu 10, 20, dan 30 menit. Sedangkan pada perengkahan tahap dua waktu dibuat tetap 30 menit

Paramater yang dibuat tetap adalah

- Rasio massa katalis/CPO, yaitu 1:75
- Suhu Reaksi

Suhu reaksi yang digunakan yaitu pada suhu 350°C untuk perengkahan menghasilkan CO<sub>2</sub> dan 370°C untuk perengkahan menghasilkan C3 dan C4. (hipotesis).

Variasi 2

- Rasio massa katalis

Digunakan rasio massa katalis/CPO 1:75; 1:100 dan 1:125

Parameter yang dibuat tetap

- Waktu reaksi

30 menit untuk menaikkan suhu sampai suhu perengkahan dan 30 menit penahanan pada suhu perengkahan.

- Suhu reaksi

Suhu reaksi yang digunakan yaitu pada suhu 350°C untuk perengkahan menghasilkan CO<sub>2</sub> dan 370°C untuk perengkahan menghasilkan C3 dan C4. (hipotesis).

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

1. Konversi
2. Yield
3. Selektivitas

### 3. 3. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah

- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| 1. Reaktor kaca 100 ml | 10. Kondenser                |
| 2. Stirrer             | 11. Hot plate                |
| 3. Gelas beaker        | 12. Box insulator            |
| 4. Gelas ukur          | 13. Stopwatch                |
| 5. Pipet               | 14. Pompa dan selang plastik |
| 6. Piknometer          | 15. Termokopel               |
| 7. Viskometer          | 16. Statip                   |
| 8. Cawan               | 17. Gas Chromatography (GC)  |
| 9. Sendok.             | 18. FTIR                     |

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Minyak kelapa sawit (CPO)
2. Katalis zeolit RCC

### 3. 4. Prosedur Penelitian

#### 3.4.1. *Blank Test*

Tahapan ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar massa CPO yang hilang ketika dilakukan pemanasan dan reaksi perengkahan pada suhu-suhu perengkahan serta dilakukan pula identifikasi gas-gas yang dihasilkan dari pemanasan tanpa menggunakan katalis. Selain itu, ditentukan pula densitas CPO murni dan distilat yang dihasilkannya.

Prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengambil 100 ml CPO dalam beaker glass, kemudian mencelupkan termokopel
2. Memanaskan CPO dalam beaker glass di atas hot plate hingga suhu 120<sup>0</sup>C-130<sup>0</sup>C selama 60 menit sehingga mencair dan hilang kandungan airnya
3. Mendinginkan CPO cair hingga suhu 50<sup>0</sup>C untuk kemudian diukur viskositasnya dan densitasnya (pada suhu 50<sup>0</sup>C) dengan piknometer



4. Memasukkan 30 ml CPO cair ( $50^{\circ}\text{C}$ ) ke dalam reaktor dan menimbang massa awal CPO
5. Melakukan pemanasan CPO tanpa menggunakan katalis. Menaikkan suhu hingga mencapai suhu perengkahan pertama ( $350^{\circ}\text{C}$ ) dalam waktu 30 menit. Menahan reaksi selama 30 menit pada suhu perengkahan  $350^{\circ}\text{C}$ .
6. Mengambil sampel gas dengan syringe tiap 10 menit dan melakukan analisis GC
7. Mendinginkan sisa CPO dalam reaktor hingga suhu  $50^{\circ}\text{C}$  untuk kemudian ditimbang massa akhir CPO.
8. Mengulangi langkah 4 dan 5 untuk suhu  $370^{\circ}\text{C}$
9. Melakukan distilasi terhadap CPO 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  $10^{\circ}\text{C}$  dan proses ditahan lagi. Suhu terus dinaikkan hingga mencapai suhu optimum distilasi. ( $370^{\circ}\text{C}$ )
10. Distilat pada tiap temperatur, setelah dicatat volume dan massanya, dicampurkan menjadi satu;
11. Memanaskan CPO tanpa menggunakan katalis untuk mengetahui massa CPO yang hilang yang terjadi selama proses pemanasan CPO. Proses ini dilakukan pada suhu  $350^{\circ}\text{C}$  dan  $370^{\circ}\text{C}$

#### **3.4.2. Tahap Reaksi Perengkahan katalitik Minyak Kelapa Sawit**

Tahap ini bertujuan untuk merengkah CPO menjadi produk-produk yang diinginkan. Perengkahan dilakukan dua tahapan, yaitu perengkahan pada suhu  $350^{\circ}\text{C}$  dan perengkahan tahap kedua pada suhu  $370^{\circ}\text{C}$ . Metode yang dilakukan untuk proses ini yaitu melakukan tahap perengkahan yang pertama dilakukan pada suhu  $350^{\circ}\text{C}$ , yang kemudian setelah selesai perengkahan tahap pertama reaksi dihentikan kemudian CPO hasil perengkahan dipisahkan dari katalis yang telah digunakan. Kemudian CPO hasil perengkahan tahap pertama yang telah dipisahkan dari

katalisnya digunakan untuk perengkahan tahap kedua pada suhu 370 °C dengan penambahan katalis yang baru. Prosedur penelitiannya adalah sebagai berikut

1. Memasukkan 30 ml CPO cair (50<sup>0</sup>C) ke dalam reaktor dan menimbang massa awal CPO
2. Menimbang katalis dengan variasi rasio massa katalis/CPO adalah 1:75
3. Memasang termokopel pada reaktor dan memanaskan secara bersamaan CPO dalam reaktor dan katalis dalam cawan di atas hot plate
4. Setelah suhu CPO mencapai 300<sup>0</sup>C, katalis dimasukkan ke dalam reaktor
5. Menaikkan suhu hingga mencapai suhu perengkahan pertama (350<sup>0</sup>C) dalam rentang waktu 30 menit.
6. Mengambil sampel gas dengan syringe pada tiap kenaikan suhu 20<sup>0</sup>C dan mencatat waktu dari setiap kenaikan 20<sup>0</sup>C dan melakukan analisis GC
7. Menahan reaksi selama 30 menit pada suhu perengkahan 350<sup>0</sup>C
8. Mematikan Hotplate kemudian menimbang massa hasil perengkahan dan memisahkan CPO hasil perengkahan dengan katalisnya dan memasukkan ke reaktor perengkahan tahap 2
9. Menimbang massa reaktor tahap dua
10. Menimbang massa katalis dengan perbandingan katalis/CPO 1:75
11. Memasang termokopel pada reaktor dan memanaskan secara bersamaan CPO dalam reaktor dan katalis dalam cawan di atas hot plate
12. Setelah suhu CPO mencapai 300<sup>0</sup>C, katalis dimasukkan ke dalam reaktor
13. Menaikkan suhu hingga mencapai suhu perengkahan pertama (370<sup>0</sup>C) dalam rentang waktu 30 menit.
14. Mengambil sampel gas dengan syringe pada tiap kenaikan suhu 20<sup>0</sup>C dan mencatat waktu dari setiap kenaikan 20<sup>0</sup>C dan melakukan analisis GC
15. Menahan reaksi selama 30 menit pada suhu perengkahan 370<sup>0</sup>C
16. Mengambil sampel gas dengan syringe tiap 5 menit dan melakukan analisis GC

17. Mematikan hot plate dan mendinginkan sisa CPO dalam reaktor hingga suhu 50<sup>0</sup>C
18. Kemudian mengulangi langkah-langkah tersebut untuk variasi waktu penahanan reaksi di 350<sup>0</sup>C selama 10 menit dan 20 menit
19. Mengulangi langkah-langkah tersebut untuk rasio massa katalis/CPO 1:100 dan 1:125

### **3.4.3. Tahap Distilasi**

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

Prosedur pada tahap ini adalah sebagai berikut :

1. Menimbang massa awal distilasi dari CPO 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<sup>0</sup>C dan proses ditahan lagi. Suhu terus dinaikkan hingga mencapai suhu optimum distilasi yang ditentukan pada tahap blank tes.
3. Mendinginkan sisa CPO dalam reaktor hingga suhu 50<sup>0</sup>C untuk kemudian ditimbang massa akhir CPO
4. Melakukan analisis FTIR terhadap distilat dari sampel dengan produk gas yang memiliki massa dan komposisi hidrokarbon C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> yang paling optimum berdasarkan hasil analisis GC produk gas-nya

### **3.4.4. 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 CPO murni, CPO hasil perengkahan katalitik dan distilatnya. Tujuannya adalah untuk mengetahui terjadinya perengkahan dengan menganalisa perubahan densitas. Pengukuran densitas dilakukan pada suhu 50<sup>0</sup>C dikarenakan pada suhu ruang CPO 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 50<sup>0</sup>C ke dalam piknometer hingga hampir penuh
- c. Menutup piknometer dan memastikan tidak ada gelembung udara
- d. Menimbang massa piknometer berisi sampel
- e. Menentukan densitas

$$\rho = \frac{\text{massa piknometer berisi sampel} - \text{massa piknometer kosong}}{\text{Volume sampel}} \quad (3.1)$$

### 2. *Gas Chromatography (GC)*

Analisis GC bertujuan untuk mengetahui jenis dan komposisi dari komponen yang terdapat dalam sampel. Sampel yang digunakan adalah produk gas dan produk cair hasil reaksi perengkahan minyak kelapa sawit. Produk gas dianalisis dengan menggunakan GC dengan detektor TCD (*Thermal Conductivity Detector*). 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 untuk membandingkan ikatan kimia yang terdapat dalam produk cair hasil distilasi dari CPO hasil perengkahan dan CPO murni. Analisis FTIR dilakukan di laboratorium RPKA.

### 3.4.5. Tahap Penyajian dan Pengolahan Data

Penyajian data dari parameter yang dicari adalah sebagai berikut :

1. Reaktan

Massa CPO pada awal tahap reaksi perengkahan katalitik minyak kelapa sawit

2. Produk

- a. Produk gas ditentukan dari sejumlah massa yang hilang pada saat reaksi perengkahan katalitik minyak kelapa sawit. Kandungan dan komposisi dari produk gas tersebut diperhitungkan berdasarkan hasil analisis GC
- b. Produk cair ditentukan dari jumlah distilat yang dihasilkan dari CPO hasil perengkahan pada tahap distilasi. Kandungan produk cair tersebut diperkirakan berdasarkan hasil perhitungan densitas, analisis GC dan analisis FTIR

3. Residu

- a. Massa CPO pada awal tahap reaksi perengkahan dikurangi dengan massa produk gas dan cair

Pengolahan data dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\bullet \text{ Konversi (\%berat)} = \frac{\text{massa reaktan} - \text{massa residu}}{\text{massa reaktan}} \times 100\% \quad (3.2)$$

$$\bullet \text{ Selektivitas (\%berat)} = \frac{\text{massa hidrokarbon C3 dan C4}}{\text{massa reaktan} - \text{massa residu}} \times 100\% \quad (3.3)$$

$$\bullet \text{ Yield (\%berat)} = \frac{\text{massa hidrokarbon C3 dan C4}}{\text{massa reaktan}} \times 100\% \quad (3.4)$$

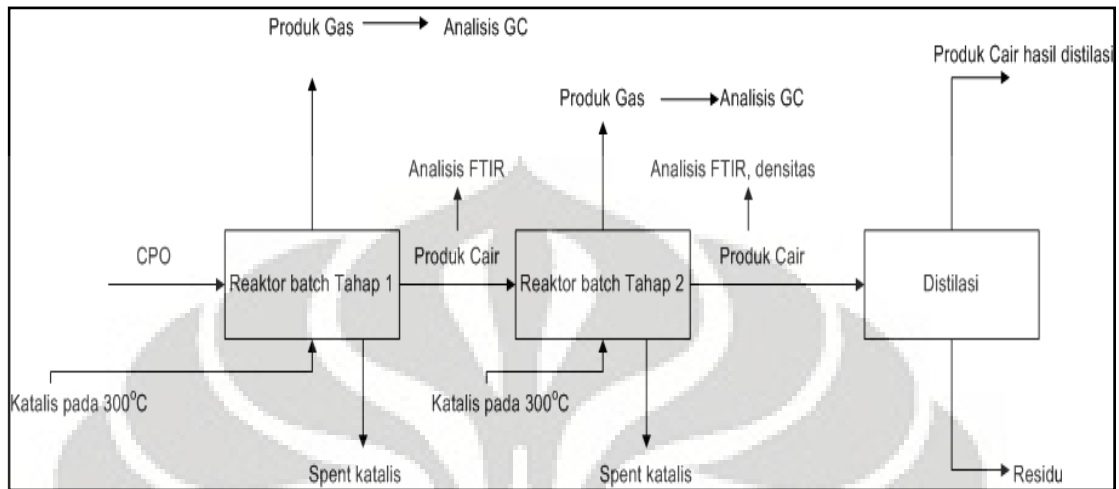
Keterangan\*

massa reaktan = massa CPO pada awal tahap reaksi perengkahan

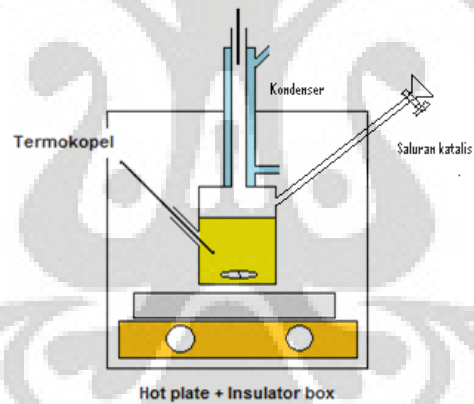
massa residu = massa CPO pada awal tahap reaksi perengkahan dikurangi dengan massa produk gas dan cair

massa hidrokarbon C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> = massa fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> dalam aliran produk gas

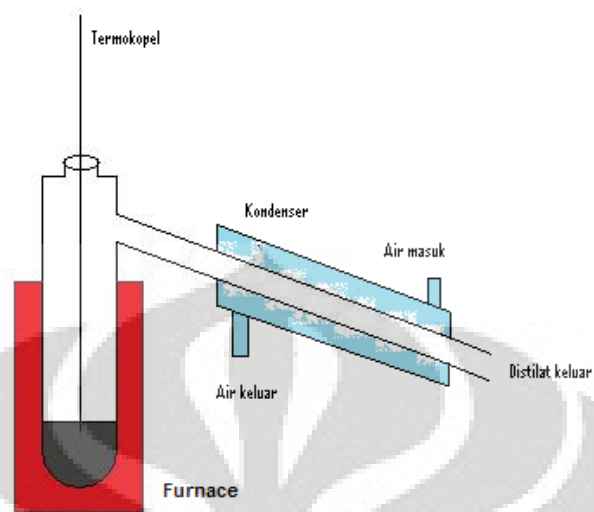
### 3.5. Gambar dan Skema Alat Penelitian



**Gambar 3. 2. SkemaPerengkahan Katalitik Dua Tahap**



**Gambar 3. 3. Alat Perengkahan Katalitik**



Gambar 3.4. Alat Distilasi

### 3.6. Pelaksanaan Penelitian

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

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Percobaan

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> dengan menggunakan katalis Zeolit RCC. Proses perengkahan katalitik dilakukan pada dua suhu yang berbeda yaitu pada suhu 350°C dan suhu 370°C. Perengkahan yang dilakukan pada suhu 350°C bertujuan untuk merengkah CPO untuk memotong gugus C=O yang terdapat pada CPO, sedangkan perengkahan yang dilakukan pada suhu 370°C bertujuan untuk merengkah CPO pada bagian hidrokarbon rantai panjangnya menjadi hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Perengkahan katalitik dua tahap suhu pada penelitian ini dilakukan penggantian katalis diantara tahap 1 dan tahap kedua. Setelah perengkahan katalitik tahap pertama selesai maka CPO hasil perengkahan dan katalisnya dipisahkan, CPO hasil perengkahan ini kemudian ditambahkan dengan katalis yang masih baru untuk kemudian dimulai perengkahan katalitik tahap kedua. Pada penelitian ini selain dilakukan perengkahan katalitik juga dilakukan *blank test* dan distilasi produk hasil perengkahan.

##### 4.1.1 Blank Test

Pada penelitian ini tahapan *blank test* bertujuan untuk mengetahui kehilangan massa CPO yang diakibatkan oleh pemanasan. Sehingga dengan mengetahui massa CPO yang hilang akibat pemanasan tanpa katalis sehingga dapat diketahui massa CPO yang terengkah oleh katalis. Selain untuk mengetahui massa CPO yang hilang akibat pemanasan tanpa katalis, blank test juga dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari CPO seperti viskositas, densitas dan *initial boiling point*. Data blank test ini nantinya digunakan untuk membandingkan antara CPO dengan data viskositas, densitas dan initial boiling point dari produk hasil perengkahan. Pada tahapan *blank test* ini diketahui viskositas, densitas dan *initial boiling point* dari CPO (50°C) yang ada pada Tabel 4.1.



**Tabel 4.1. Sifat Fisik dan Kimia CPO**

Parameter	CPO
Densitas (50°C)	0,875 gr/ml
Viskositas (50°C)	27,06 cST
<i>Initial Boiling Point</i> (50°C)	373 °C

Pada tahapan *blank test* untuk mencari massa yang hilang yang diakibatkan oleh pemanasan juga dilakukan pengujian gas chromatografi apakah tanpa menggunakan katalis, CPO sudah dapat terengkah menjadi fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Dari blank test ini diperoleh data bahwa tidak terbentuk gas hidrokarbon baik itu fraksi C<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>2</sub> ataupun C<sub>1</sub>.

#### **4.1.2 Perengkahan Katalitik**

Perengkahan katalitik dua tahap pada penelitian ini adalah perengkahan katalitik yang dilakukan pada dua suhu perengkahan dimana tahap pertama dilakukan pada suhu 350 °C, yang kemudian setelah selesai perengkahan tahap pertama reaksi dihentikan kemudian CPO hasil perengkahan dipisahkan dari katalis yang telah digunakan kemudian CPO hasil perengkahan tahap pertama yang telah dipisahkan dari katalisnya digunakan untuk perengkahan tahap kedua pada suhu 370 °C dengan penambahan katalis yang baru. Tujuan dari pemisahan spent katalis dan penambahan katalis baru ialah memberikan reaktan fresh katalis sehingga pada perengkahan tahap kedua masih banyak terdapat *active site* dari katalis yang dapat merengkah reaktan berupa hidrokarbon rantai panjang.

Untuk perengkahan katalitik dua tahap ini perbandingan massa katalis/CPO dibuat tetap yaitu 1:75 untuk perengkahan pada suhu 350°C dan perengkahan pada suhu 370°C. variabel yang divariasikan adalah waktu reaksi pada suhu 350°C. waktu divariasikan dari 10 menit, 20 menit dan 30 menit untuk suhu 350°C. Sedangkan untuk suhu 370°C waktu dibuat tetap 30 menit. Selain itu juga dilakukan variasi rasio massa CPO/katalis yaitu 75:1; 100:1; dan 125:1. Dengan waktu reaksi dibuat tetap yaitu 30 menit pada perengkahan pertama dan 30 menit pada perengkahan kedua.

Reaksi perengkahan katalitik ini dilakukan secara *batch* pada fasa cair dan tekanan atmosferik. Pengambilan sampel pada reaksi ini dilakukan setiap kenaikan  $20^{\circ}\text{C}$  pada saat pemanasan setelah suhu  $300^{\circ}\text{C}$  yaitu suhu dimana katalis dimasukkan. Pengambilan sampel gas juga dilakukan setiap 5 menit pada suhu perengkahan. Sampel gas kemudian dianalisis dengan menggunakan *Gas Chromatografi* (GC) dengan *Thermal Conductivity Detector* (TCD) menggunakan kolom porapak-Q. Sedangkan CPO hasil perengkahan dilakukan analisis FTIR untuk melihat adanya indikasi pemutusan ikatan-ikatan yang terdapat dalam CPO.

Pada reaksi perengkahan katalitik ini tabung kondenser diarahkan secara vertikal agar terjadi *full-reflux* terhadap produk yang dihasilkan sehingga yang keluar dari atas tabung condenser saat pengambilan data adalah produk gas. Selain itu juga diharapkan produk hidrokarbon yang telah mengalami perengkahan dapat terengkah lebih lanjut menjadi rantai yang lebih pendek.

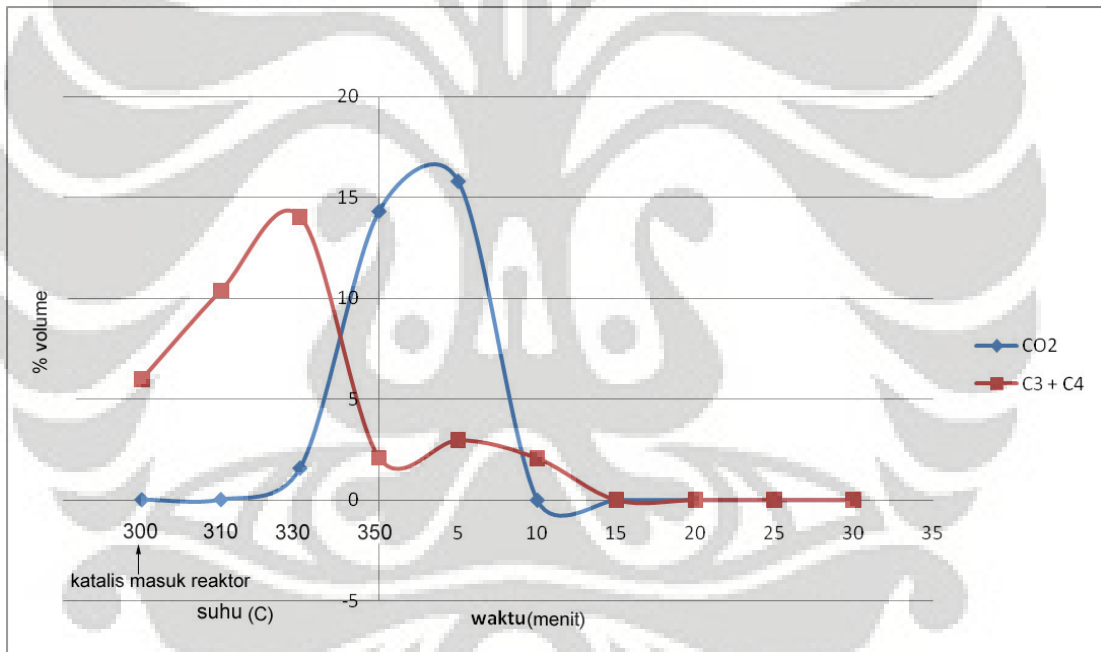
#### **4.1.3 Distilasi produk perengkahan**

Tahap distilasi ini bertujuan untuk mengetahui initial boiling point dari produk hasil perengkahan dan mengetahui berapa banyak produk cair yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik. Pada tahap ini residu hasil perengkahan dipanaskan sampai pada suhu dimulai terbentuknya distilat. Kemudian dilakukan penahanan pada suhu tersebut agar semua produk cair yang menguap pada suhu tersebut dapat keluar dalam bentuk distilat. Suhu dinaikkan tiap  $10^{\circ}\text{C}$  sampai tak ada lagi distilat yang terbentuk. Hasil distilat dari tahap ini akan dilakukan analisis FTIR untuk mengetahui perubahan ikatan apa saja yang telah terjadi.

#### **4.2 Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Terhadap Produk Perengkahan**

Suhu dan waktu reaksi merupakan variabel yang berpengaruh terhadap yield dan konversi produk yang dihasilkan dari reaksi perengkahan katalitik. Pada penelitian ini suhu reaksi yang digunakan yaitu  $350^{\circ}\text{C}$  untuk perengkahan tahap pertama dan  $370^{\circ}\text{C}$  untuk perengkahan tahap kedua. Sedangkan waktu reaksi total sekitar 60 menit dimana 30 menit digunakan untuk menaikkan suhu sampai suhu

perengkahan dan 30 menit untuk reaksi pada suhu perengkahan. Katalis dimasukkan pada suhu 300°C, sehingga produk-produk perengkahan baru terbentuk setelah suhu 300°C. Pada reaksi perengkahan katalitik tahap pertama pengaruh suhu dan waktu reaksi dapat dilihat pada Gambar 4.1. produk gas utama yang dihasilkan dari perengkahan katalitik ini yaitu gas CO<sub>2</sub> dan hidrokarbon C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Pada perengkahan tahap pertama ini setelah dimasukkan katalis, gas yang lebih banyak terbentuk ialah hidrokarbon C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> dari pada CO<sub>2</sub>, tetapi ketika memasuki suhu perengkahan 350°C hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> menjadi sangat sedikit dan gas CO<sub>2</sub> yang terbentuk menjadi sangat banyak, sampai pada waktu ke 15 menit pada suhu 350°C tidak ada lagi gas yang dihasilkan dikarenakan katalis telah terdeaktivasi.

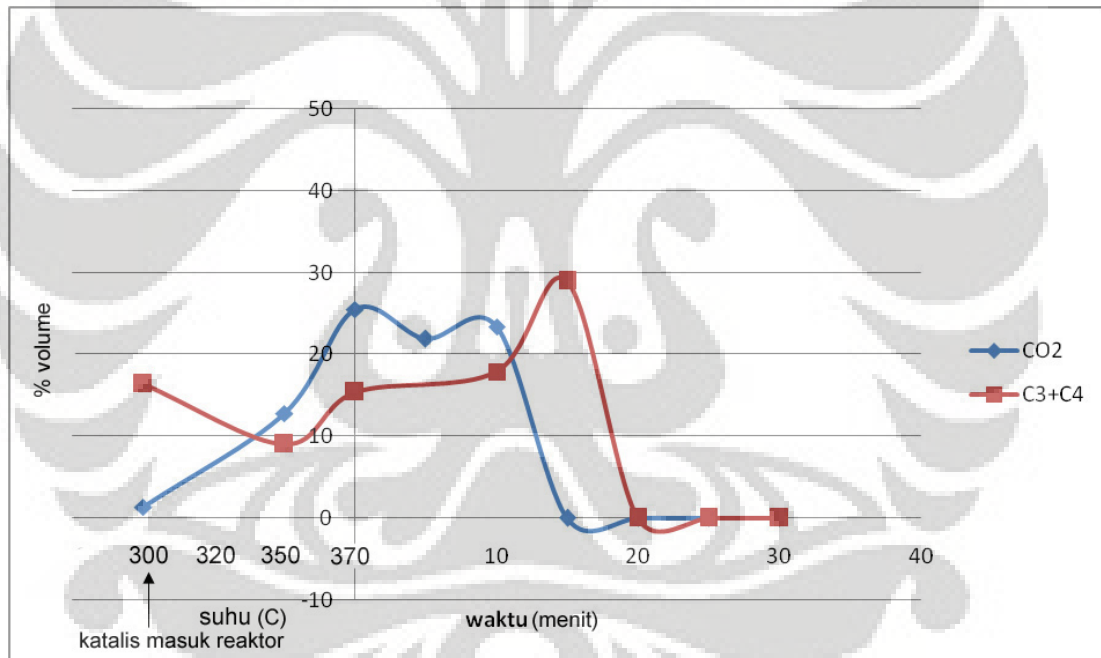


**Gambar 4.1. Pengaruh waktu reaksi terhadap produk Perengkahan Tahap 1**

Dari hasil tersebut didapat bahwa pada suhu perengkahan 350°C katalis lebih selektif untuk merengkah gugus karbonil daripada gugus rantai panjang hidrokarbon. Sebelum suhu perengkahan 350°C katalis lebih selektif untuk memotong gugus rantai panjang hidrokarbon. Hal ini dikarenakan adanya perengkahan termal dimana pada suhu tinggi trigliserida ada yang mengalami perengkahan menjadi hidrokarbon rantai

panjang ( $C_{12}$ - $C_{20}$ ), (Hirsaman,2006). Sehingga dengan adanya hidrokarbon rantai panjang, katalis yang baru dimasukkan dapat langsung merengkah hidrokarbon rantai panjang tersebut menjadi hidrokarbon rantai pendek seperti  $C_3$  dan  $C_4$ . Meskipun begitu, ketika katalis dimasukkan trigliserida juga terengkah menghasilkan gas  $CO_2$ , asam karboksilat dan hidrokarbon rantai panjang.

Pada perengkahan ini katalis mengalami deaktivasi dimana pada menit ke 15 pada suhu perengkahan sudah tidak dihasilkan lagi produk-produk hasil perengkahan. Terdeaktivasinya katalis ini dibuktikan dengan terbentuknya deposit karbon pada permukaan katalis yang menyebabkan permukaan aktif katalis menjadi semakin berkurang.



**Gambar 4.2. Pengaruh waktu reaksi terhadap produk Perengkahan Tahap 2**

Untuk perengkahan katalitik tahap ke dua pada suhu  $370^{\circ}C$  dapat dilihat pada gambar 4.2. Pada perengkahan tahap ke dua ini reaktan yang digunakan adalah hasil perengkahan pada tahap pertama. Pada awal dimasukkan katalis produk  $C_3$  dan  $C_4$  sudah banyak terbentuk dibandingkan dengan  $CO_2$  hal ini disebabkan karena adanya hidrokarbon rantai panjang yang berasal dari perengkahan sebelumnya yang

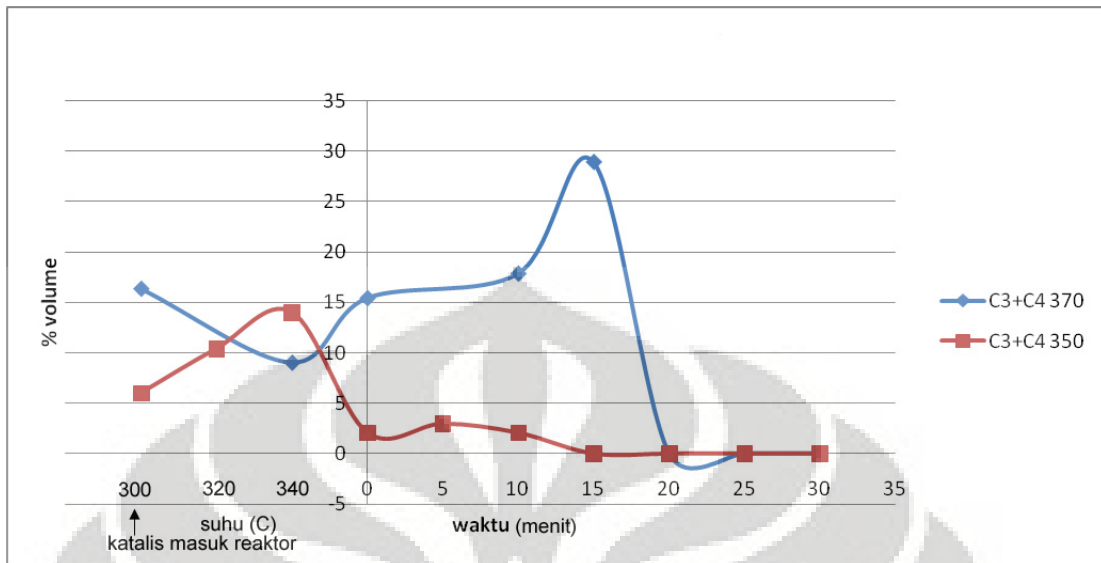
kemudian direngkahkan menjadi hidrokarbon yang lebih pendek pada tahap kedua ini. Pada perengkahan tahap ini juga dihasilkan hidrokarbon rantai panjang hasil pemotongan gugus karbonil. Sehingga pada perengkahan ini terjadi kompetisi reaksi antara pemotongan gugus karbonil dan gugus pada hidrokarbon C=C ataupun C-C.

Pada tahap ini juga terjadi deaktivasi katalis, yaitu pada menit ke 20 suhu perengkahan, dimana sudah tidak dihasilkan lagi produk-produk perengkahan berupa gas. Deaktivasi katalis pada proses ini terjadi karena hidrokarbon terus terengkahkan menjadi rantai yang lebih pendek lagi yang pada akhirnya menghasilkan deposit berupa karbon. Selain dengan hidrokarbon, coke juga mungkin terbentuk dari produk berupa CO<sub>2</sub> dimana kemungkinannya adalah (Richardson, 1989)



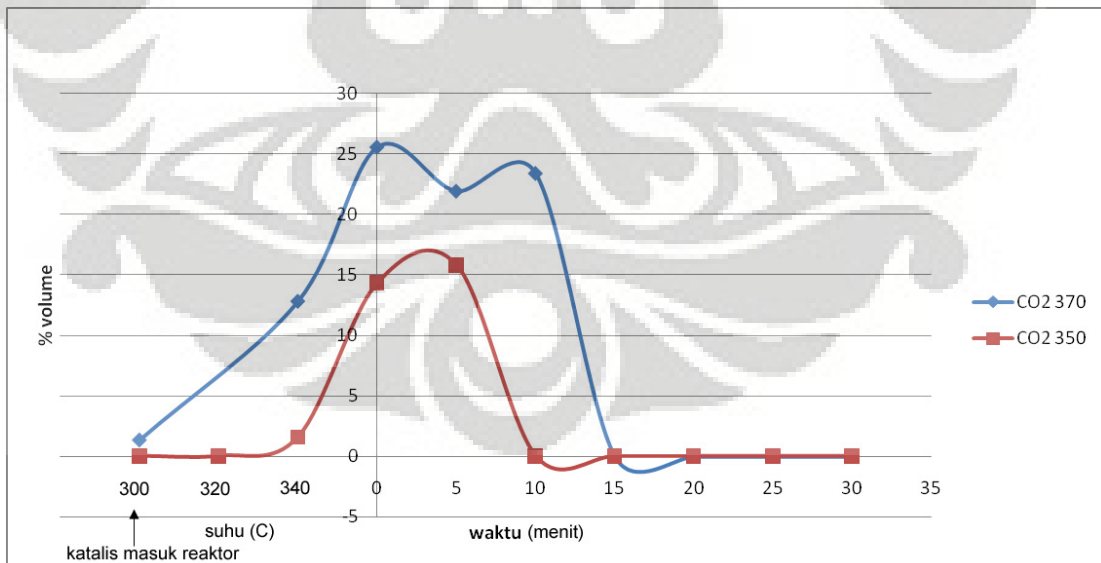
#### 4.3 Perbandingan Produk gas tahap 1 dan tahap 2

Produk gas yang dihasilkan pada perengkahan katalitik tahap ke dua lebih besar dibandingkan dengan tahap pertama. Dimana total yield gas yang dihasilkan pada tahap pertama sekitar 15% massa dan pada tahap kedua sekitar 30% massa. Pada gambar 4.3 didapatkan hasil bahwa yield C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> yang terbentuk pada tahap kedua meningkat dengan seiring bertambahnya waktu pada suhu perengkahan dan menurun ketika katalis sudah terdeaktivasi. Sedangkan pada tahap pertama hanya sedikit sekali yang terbentuk pada saat suhu perengkahan. Hal ini disebabkan pada tahap ke-dua suhu perengkahan lebih tinggi sehingga energy cukup tersedia untuk merengkahkan gugus hidrokarbon rantai panjang bila dibandingkan dengan tahap pertama yang suhunya lebih rendah. Hal yang kedua adalah reaktan yang digunakan. Pada tahap pertama reaktan yang digunakan adalah CPO sedangkan pada tahap kedua merupakan hasil perengkahan pada tahap pertama. CPO yang digunakan 90% merupakan trigliserida sehingga belum tersedia hidrokarbon rantai panjang untuk mengalami *secondary cracking* menghasilkan hidrokarbn rantai pendek. Sedangkan pada tahap kedua sudah tersedia hidrokarbon rantai panjang yang berasal dari tahap pertama. Sehingga *secondary cracking* dapat terjadi menghasilkan hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>.



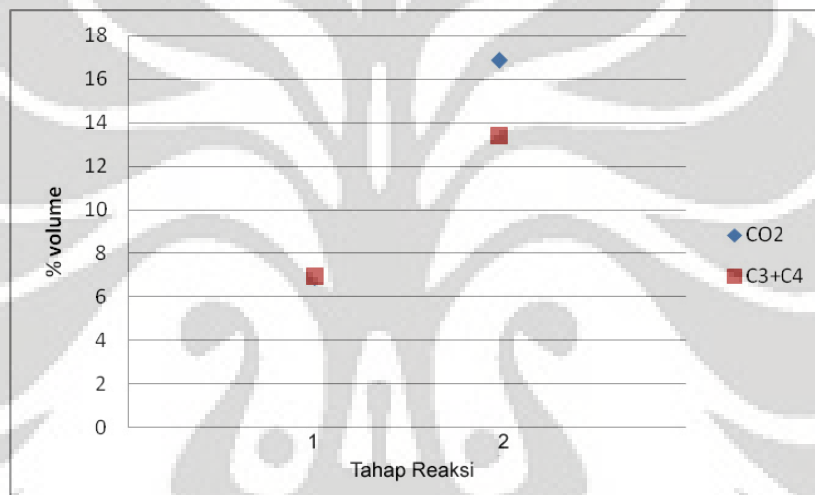
**Gambar 4.3. Perbandingan produk C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> Tahap 1 dan 2**

Pada gambar 4.4 didapatkan pula yield CO<sub>2</sub> yang lebih besar pada perengkahan tahap kedua hal ini lebih disebabkan karena suhu yang lebih tinggi pada perengkahan tahap kedua yang menyebabkan energi yang tersedia pada tahap 2 lebih besar sehingga lebih banyak gugus karbonil yang dapat dipotong.



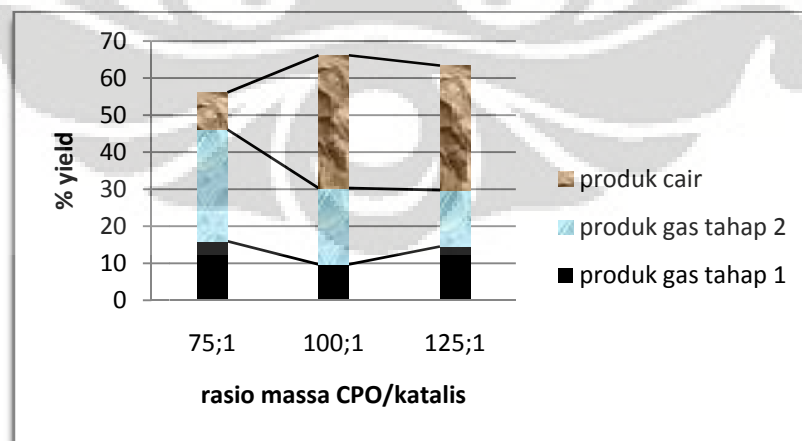
**Gambar 4.4. Perbandingan produk CO<sub>2</sub> Tahap 1 dan 2**

Secara umum produk yang paling banyak dihasilkan pada proses perengkahan ini adalah  $\text{CO}_2$  yang dapat dilihat pada gambar 4.5. Hal ini dikarenakan pada perengkahan ini selektifitas paling tinggi ditunjukkan oleh  $\text{CO}_2$ . Selektifitas  $\text{CO}_2$  ini terjadi karena reaksi perengkahan katalitik mengikuti jalur ion karbonium dimana ion karbonium lebih memilih ikatan yang mempunyai keelektronegatifan yang lebih tinggi. Gugus  $\text{C}=\text{O}$  yang menghasilkan produk  $\text{CO}_2$  mempunyai keelektronegatifan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan gugus  $\text{C}=\text{C}$  ataupun  $\text{C}-\text{C}$  sehingga asam bronstead dari katalis akan mengikat pada gugus  $\text{C}=\text{O}$ .



Gambar 4.5. Yield produk tahap 1 dan 2

#### 4.4 Pengaruh rasio massa katalis/CPO terhadap produk Perengkahan



Gambar 4.6. Perbandingan Yield pada variasi rasio massa CPO/katalis

Rasio massa CPO/katalis menunjukkan besarnya massa katalis yang terdapat dalam reaktan. Semakin kecil rasio massa CPO/katalis maka semakin besar pula massa katalis yang terdapat dalam reaktan yang berarti semakin besar pula *acid amount* yang terdapat dalam reaktan. Pada gambar 4.6 terlihat pada rasio massa CPO/katalis 75:1 dihasilkan paling banyak yield gas baik pada perengkahan tahap 1 dan perengkahan tahap 2. Pada perengkahan tahap 1 dihasilkan yield gas sekitar 15,96% dan pada perengkahan tahap 2 dihasilkan yield gas sebesar 30,13%. Rasio ini memiliki hasil yield gas yang paling besar dikarenakan jumlah asam yang terdapat dalam reaktan lebih banyak dibandingkan dengan rasio yang lainnya sehingga katalis ini dapat merengkah lebih banyak hidrokarbon rantai panjang menjadi rantai yang lebih pendek lagi. Dapat dilihat juga bahwa produk cair yang dihasilkan pada rasio 75:1 lebih sedikit bila dibandingkan dengan rasio lainnya hal ini disebabkan hidrokarbon rantai panjang yang merupakan produk cair terpotong lebih lanjut menjadi hidrokarbon rantai pendek berbentuk gas. Sedangkan pada rasio 100:1 dan 125:1 perengkahan hidrokarbon rantai panjang menjadi rantai pendek lebih sedikit hal ini dapat dilihat dari perbandingan jumlah produk cair dan produk gas yang dihasilkan.

Rasio massa CPO/katalis juga berpengaruh terhadap produk C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Pada Gambar 4.7. terlihat pengaruh rasio massa CPO/katalis terhadap yield C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Dimana pada perengkahan tahap pertama yield C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> yang dihasilkan untuk tiap rasio hampir sama yaitu sekitar 5% sampai 6%. Yield yang dihasilkan pada tiap rasio tak terlalu berbeda karena pada 350°C energi yang tersedia tidak cukup banyak untuk menghasilkan yield C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> yang signifikan

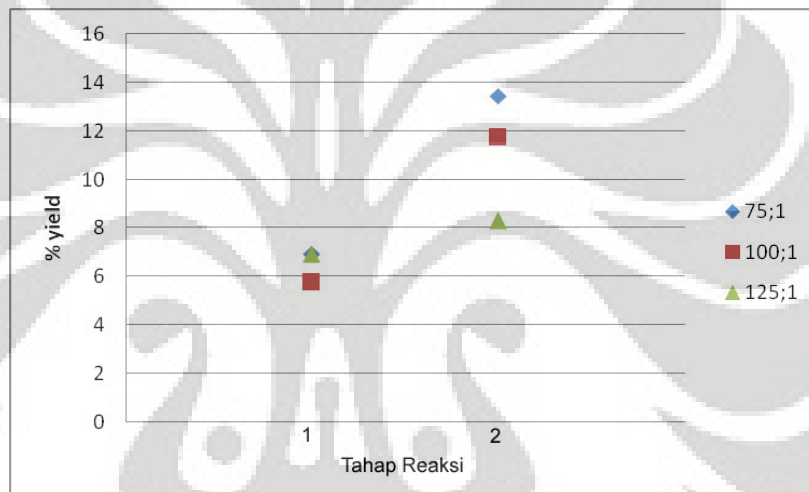
Pada perengkahan tahap ke dua pada suhu 370°C yield C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> dihasilkan paling banyak pada rasio massa CPO/katalis 75:1 bila dibandingkan dengan rasio massa CPO/katalis 100:1 dan 125:1. Hal ini dapat disebabkan karena:

- makin banyak permukaan yang dapat mengadsorpsi reaktan,
- makin banyak reaktan yang terengkah
- hidrokarbon produk perengkahan akan teradsorpsi juga pada permukaan katalis



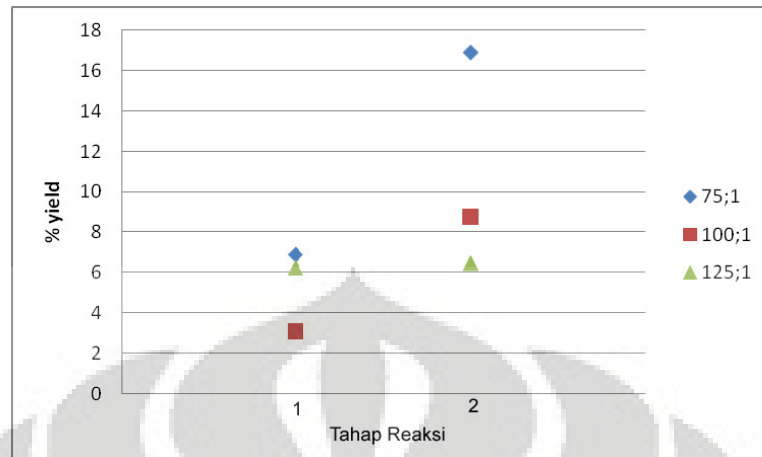
- Makin banyak inti asam yang dimiliki katalis yang dapat digunakan untuk proses perengkahan

semakin banyak katalis yang digunakan, inti asam yang digunakan juga semakin banyak sehingga perengkahan yang terjadi juga semakin aktif sehingga *secondary cracking* menghasilkan hidrokarbon rantai pendek dapat terus berlanjut. Katalis yang sangat aktif ini menyebabkan hidrokarbon terpotong menjadi rantai yang lebih kecil dan menghasilkan deposit karbon pada permukaan katalis yang menyebabkan terjadinya cooking yang menimbulkan deaktivasi katalis.



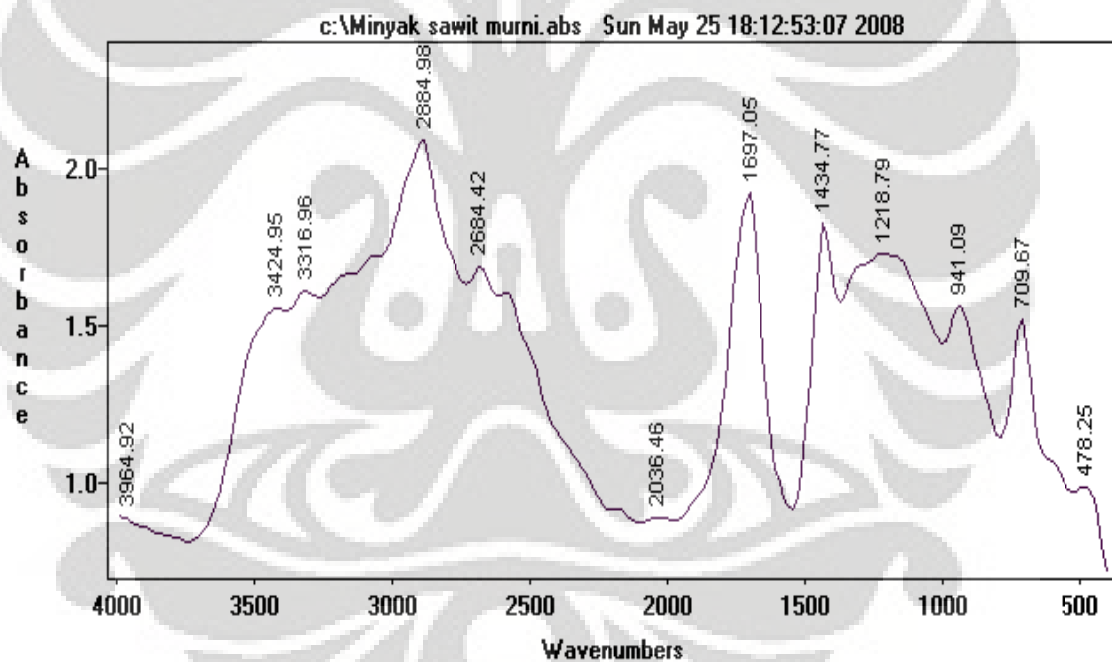
**Gambar 4.7. Perbandingan yield C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>**

Hal yang serupa juga terjadi untuk produk berupa CO<sub>2</sub> dimana produk CO<sub>2</sub> paling banyak dihasilkan untuk rasio massa CPO/katalis 75:1, yang dapat dilihat pada gambar 4.8. Hal ini menunjukkan bahwa acid amount yang lebih banyak akan menghasilkan asam bronsted yang lebih banyak pula yang berfungsi untuk merengkah gugus C=O, dimana asam bronsted akan lebih tertarik ke gugus yang mempunyai keelektronegatifan yang lebih tinggi. Dalam hal ini gugus C=O lebih elektronegatif daripada gugus C=C ataupun C-C.

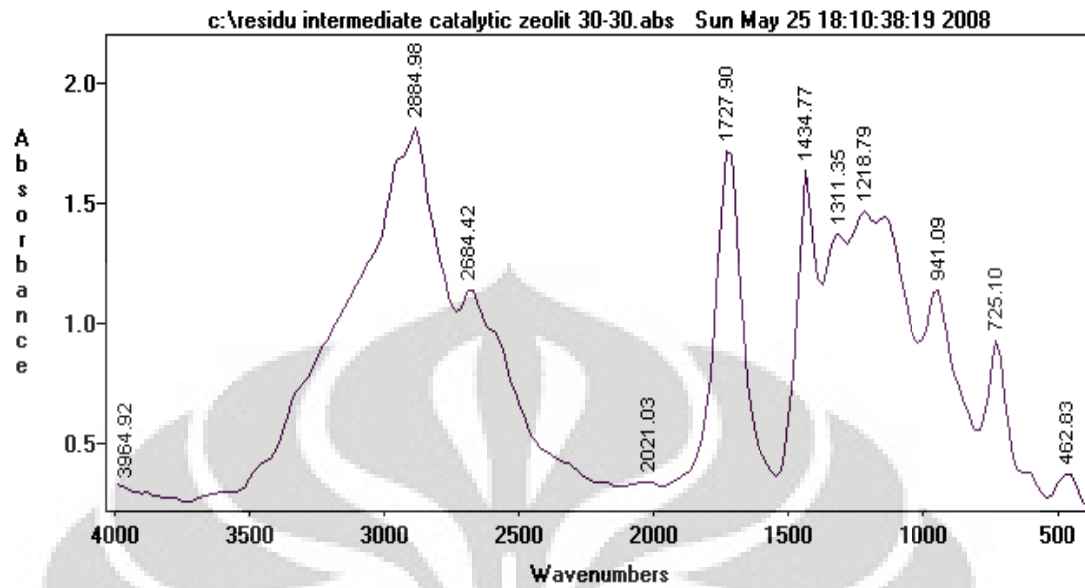


Gambar 4.8. Perbandingan yield CO<sub>2</sub> pada rasio massa CPO/katalis

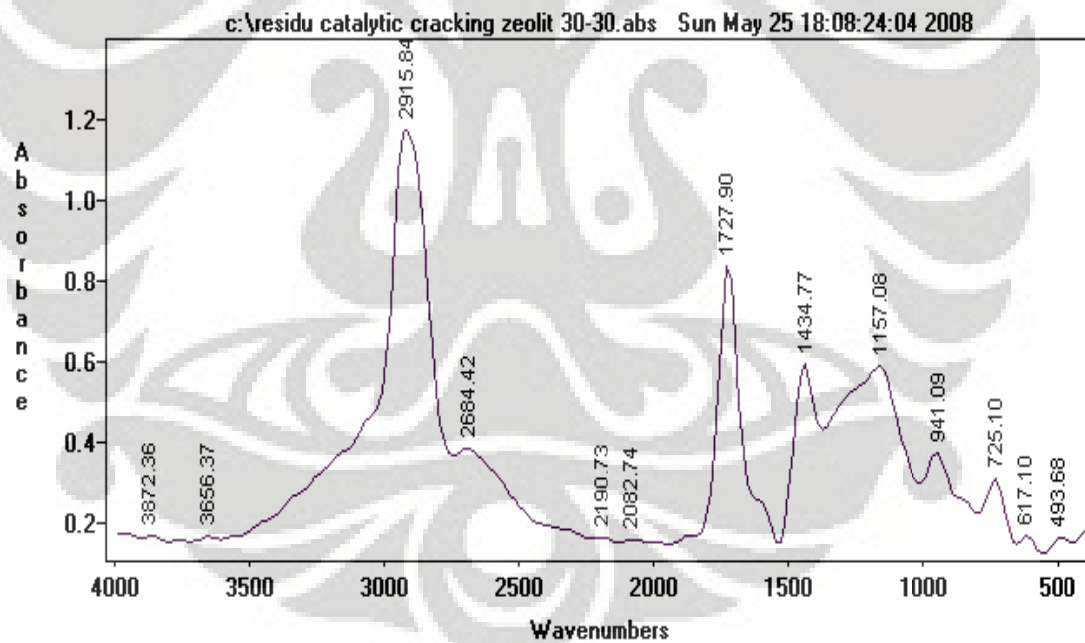
#### 4.5 Analisis FTIR produk hasil perengkahan Tahap 1 dan 2



Gambar 4.9. FTIR CPO murni



Gambar 4.10 FTIR Produk hasil perengkahan Tahap 1



Gambar 4.11 FTIR Produk hasil Perengkahan tahap 2

Hasil absorbansi untuk tiap ikatan pada FTIR di atas ditabulasikan sebagai berikut

**Tabel 4.2. Absorbansi FTIR CPO dan residu perengkahan**

Jenis Gugus	Panjang gelombang	CPO	tahap 1	Tahap 2
Alkil (-CH <sub>3</sub> )	2915	2.1	1.75	1.15
ikatan C=O (Ester)	1712	1.8	1.6	0.85
ikatan C-O (ester)	1172	1.7	1.4	0.55
Ikatan -(CH <sub>2</sub> )-	725	1.5	0.9	0.3

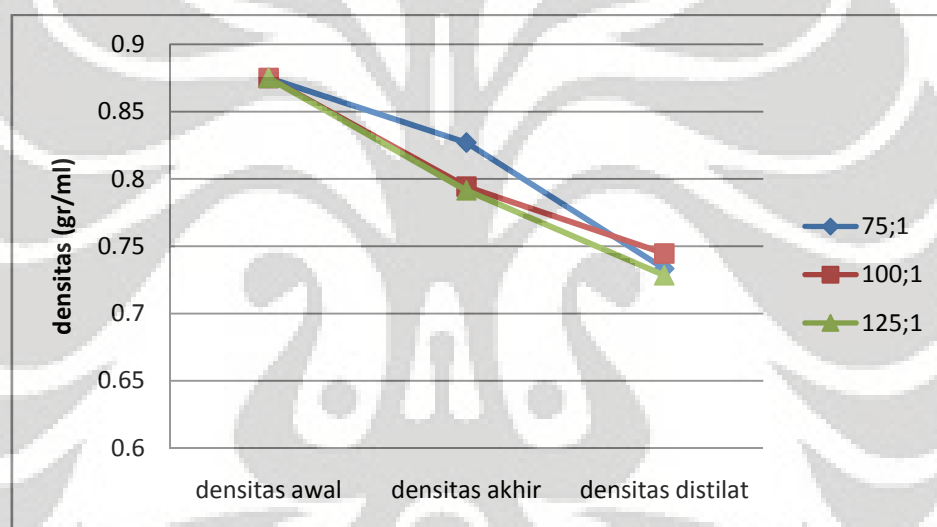
Pada tabel di atas terlihat bahwa terjadi penurunan absorbansi pada tiap-tiap gugus dari absorbansi CPO murni. Hal ini disebabkan karena gugus-gugus pada CPO murni tersebut telah terengkah. Untuk ikatan C=O dan C-O pada ester dapat dilihat penurunan pada tahap 1 yang lebih sedikit daripada penurunan pada tahap kedua. Hal ini juga dikuatkan dengan hasil produk CO<sub>2</sub> yang merupakan produk dari perengkahan gugus tersebut dihasilkan lebih sedikit pada tahap 1, jika dibandingkan pada tahap kedua.

Ikatan -(CH<sub>2</sub>)- juga memperlihatkan penurunan hal ini membuktikan bahwa memang terjadi *secondary cracking* hidrokarbon rantai panjang untuk menghasilkan hidrokarbon dengan rantai yang lebih pendek. Ikatan alkil (-CH<sub>3</sub>) juga memperlihatkan penurunan absorbansi. Seharusnya jika *secondary cracking* terjadi dan menghasilkan hidrokarbon rantai pendek berupa produk cair maka absorbansi ikatan (-CH<sub>3</sub>) bertambah. Tetapi pada rasio massa CPO/katalis 75:1 sebagian besar produk perengkahan yang dihasilkan berupa gas dan hanya sekitar 10% saja yang berupa produk cair. Sehingga penurunan absorbansi gugus alkil (-CH<sub>3</sub>) ini disebabkan karena produk gas yang dihasilkan terlepas ke udara yang dideteksi dengan menggunakan gas chromatografi dalam bentuk produk hidrokarbon C<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>, dan C<sub>2</sub>.

#### **4.6 Analisis densitas Hasil Perengkahan katalitik**

Densitas produk hasil perengkahan katalitik seharusnya menunjukkan penurunan daripada densitas CPO murni. Hal ini terjadi karena molekul besar

trigliserida telah direngkahkan menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Pada Gambar 4.12. didapatkan hasil dimana produk hasil perengkahan mempunyai densitas yang lebih kecil daripada densitas CPO murni. Pada perbandingan rasio massa CPO/katalis 75:1, produk perengkahan memiliki densitas sekitar 0,827 gr/ml, sedangkan pada rasio massa CPO/katalis 100:1 dan 125:1 produk perengkahan memiliki densitas yang hampir sama sekitar 0,79 gr/ml. Perbedaan ini disebabkan karena pengaruh dari produk cair yang terkandung di dalam residu hasil perengkahan. Pada rasio massa CPO/katalis 75:1 memiliki produk cair yang lebih sedikit daripada rasio 100: 1 dan 125:1, yaitu sekitar 10% massa sedangkan pada rasio 100: 1 dan 125:1 memiliki produk cair yang terkandung dalam residu sekitar 35% dan 33% massa.



**Gambar 4.12. Perbandingan densitas dari berbagai produk Perengkahan**

Densitas distilat yang dihasilkan dari reaksi perengkahan memiliki nilai yang hampir sama yaitu sekitar 0,73 gr/ml. Pada perbandingan rasio massa CPO/katalis densitas distilat yang dihasilkan tidak terlalu memiliki perbedaan, hal ini hampir sama dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

#### **4.7 Analisis Alur Reaksi Perengkahan katalitik**

Mekanisme perengkahan katalitik yang terjadi dapat diperkirakan dari hasil-hasil yang telah didapat pada bagian-bagian sebelumnya. Bahan baku yang digunakan

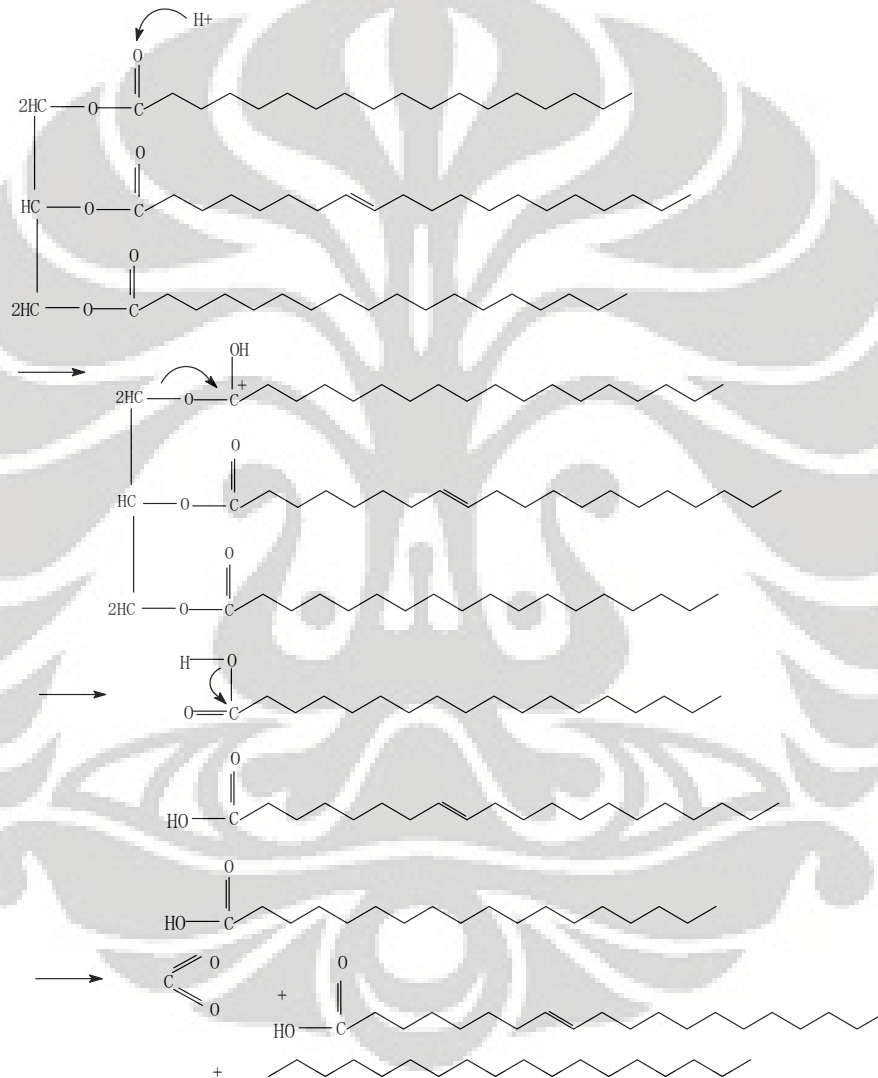
berupa CPO yang sebagian besar tersusun dari komponen berupa trigliserida. Dimana komponen asam lemak terbesarnya sebagian besar terdiri dari asam palmitat, asam oleat dan asam linoleat. Sedangkan trigliseridanya mempunyai susunan terbesar yaitu palmito diolein dan oleo dipalmitin.

Produk yang dihasilkan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$ ,  $\text{C}_2$ , dan produk cair. Dapat dilihat pula pengaruh waktu terhadap pembentukan tiap-tiap produk yang ada. Sedangkan hasil FTIR menunjukkan telah terjadi perengkahan pada gugus-gugus  $\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{C}-\text{O}$  dan  $-(\text{CH}_2)-$ . Dari hasil-hasil yang didapat tersebut dapat diperoleh beberapa petunjuk untuk memperkirakan mekanisme dari perengkahan yang terjadi.

Pada perengkahan tahap pertama ditemukan bahwa sebelum dihasilkan produk  $\text{CO}_2$ , terlebih dahulu terbentuk produk berupa  $\text{C}_3$  dan  $\text{C}_4$ . Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi perengkahan pada hidrokarbon rantai panjang yang menghasilkan fraksi  $\text{C}_3$  dan  $\text{C}_4$  terlebih dahulu sebelum terjadi perengkahan yang menghasilkan  $\text{CO}_2$ . Hasil ini dapat terjadi karena adanya perengkahan termal, dimana trigliserida terengkah oleh temperatur tinggi menjadi hidrokarbon berat/rantai panjang. Setelah perengkahan termal terjadi, perengkahan katalitik mengambil alih reaksi dan menyebabkan hidrokarbon berat terengkah menjadi hidrokarbon yang lebih pendek. Mekanisme ini pernah diajukan oleh Idem, pada perengkahan trigliserida dalam *canola oil*, menggunakan katalis K-Zeolit pada suhu  $350^\circ\text{C}$  (Hirsaman, 2006). Hidrokarbon rantai panjang yang telah ada kemudian direngkah lebih lanjut oleh katalis yang masih fresh dan merupakan katalis asam yang cukup kuat menghasilkan hidrokarbon fraksi  $\text{C}_3$  dan  $\text{C}_4$ . Pada saat yang sama juga terjadi reaksi perengkahan katalitik dimana trigliserida direngkah pada bagian gugus  $\text{C}=\text{O}$ , sehingga menghasilkan gas  $\text{CO}_2$ , asam karboksilat dan hidrokarbon rantai panjang. Perengkahan katalitik yang merengkah gugus  $\text{C}=\text{O}$  inilah yang menyebabkan munculnya produk  $\text{CO}_2$ .

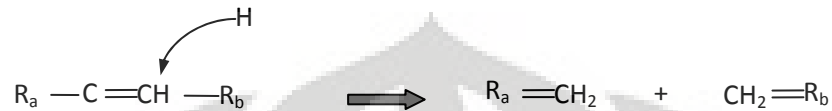
Pada Perengkahan Tahap kedua, terjadi kompetisi reaksi antara perengkahan hidrokarbon rantai panjang yang menghasilkan hidrokarbon fraksi  $\text{C}_3$ - $\text{C}_4$  dengan perengkahan trigliserida ataupun asam karboksilat yang nantinya akan menghasilkan

produk berupa CO<sub>2</sub>. Hal ini dapat terlihat dari gambar 4.2 pada subbab 4.2. Kompetisi reaksi ini terjadi karena telah tersedianya hidrokarbon rantai panjang yang dapat direngkah menjadi hidrokarbon yang lebih pendek seperti hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Mekanisme Reaksi sederhana yang terjadi pada tahap 1 dan 2 dapat dilihat pada gambar 4.13.



**Gambar 4.13 Alur Reaksi perengkahan katalitik**

Pada gambar 4.13 merupakan alur reaksi perengkahan katalitik untuk perengkahan yang menghasilkan gas CO<sub>2</sub>, asam karboksilat dan hidrokarbon rantai panjang. Sedangkan untuk perengkahan hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek mengikuti reaksi yang ada pada gambar 4.14.



**Gambar 4.14 Reaksi Perengkahan hidrokarbon rantai panjang.**

Jadi dapat disimpulkan bahwa alur reaksi yang terjadi pada perengkahan katalitik dua tahap ini yaitu

- Pada perengkahan tahap pertama terjadi perengkahan termal yang menyebabkan terbentuknya hidrokarbon rantai panjang.
- Pada saat dimasukkan katalis pada suhu 300°C terjadi proses perengkahan katalitik dimana terjadi perengkahan hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Reaksi ini bersamaan dengan reaksi perengkahan yang terjadi pada trigliserida yang menghasilkan asam karboksilat dan hidrokarbon rantai panjang serta gas CO<sub>2</sub>.
- Pada perengkahan Tahap kedua, sudah banyak tersedia hidrokarbon rantai panjang hasil perengkahan pertama, yang menyebabkan perengkahan lanjut hidrokarbon rantai panjang menjadi rantai yang lebih pendek. Perengkahan ini berkompetisi dengan perengkahan gas CO<sub>2</sub> yang berasal dari trigliserida.

#### **4.8 Perbandingan dengan perengkahan katalitik dua tahap menggunakan katalis alumina.**

Perengkahan katalitik dua tahap CPO menjadi hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>, tidak hanya dilakukan dengan menggunakan katalis Zeolit RCC (*residu catalytic cracking*), tetapi juga dilakukan menggunakan katalis alumina JRC Allo-7. Pada penelitian tersebut didapatkan konversi dan yield C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> yang lebih kecil bila dibandingkan dengan katalis zeolit RCC hal ini dikarenakan tingkat kekuatan katalis



asam lebih kuat pada zeolit RCC bila dibandingkan dengan alumina. Berikut ini adalah perbandingan hasil antara katalis zeolit RCC dan katalis alumina.

**Tabel 4.3. Perbandingan perengkahan katalitik dengan menggunakan zeolit RCC dan alumina**

No.	parameter Pembanding	katallis Zeolit RCC	Katalis Alumina JRC Allo-7
1	Kekuatan asam	Kuat	Sedang
2	Komposisi produk	CO <sub>2</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>2</sub>
3	konversi	66% (rasio massa CPO/katalis 1:100, 30 menit tahap 1, 30 menit tahap 2)	64% (rasio massa CPO/katalis 1:100)
4	Yield C <sub>3</sub> +C <sub>4</sub>	18.22% Maksimum pada (75;1)	16.68% (maksimum pada 75:1)
5	Yield CO <sub>2</sub>	21,2 % volume	20,2% Volume
6	Selektivitas	CO <sub>2</sub> : 52,85% volume C <sub>3</sub> + C <sub>4</sub> : 44,5% volume	CO <sub>2</sub> : 53,46% volume C <sub>3</sub> +C <sub>4</sub> : 44,07% volume
7	deaktivasi	pada rasio 75:1 terdeaktivasi pada menit ke 20 suhu perengkahan	pada rasio 75:1 belum terdeaktivasi pada menit ke 60 suhu perengkahan, namun tidak memberikan hasil konversi yang signifikan bila dibandingkan dengan reaksi selama 30 menit

#### **4.9 Perbandingan dengan penelitian sebelumnya.**

Penelitian untuk mensintesis hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> dari minyak kelapa sawit menggunakan katalis zeolit RCC telah dilakukan sebelumnya Oleh Dewi 2007, dan Diyanto, 2008. Pada penelitian sebelumnya Dewi, 2007 menggunakan satu tahap perengkahan dari minyak kelapa sawit dengan suhu pemasukan katalis 150°C.

Sedangkan Diyanto, 2008 menggunakan minyak jarak untuk mensintesis hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Perbandingan yang terjadi adalah sebagai berikut

**Tabel 4.4. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya Menggunakan katalis Zeolit RCC**

No	parameter Pemanding	Penelitian saat ini	Diyanto, 2008	Dewi, 2007
1	bahan baku	Minyak kelapa Sawit	Minyak jarak	Minyak kelapa Sawit
2	suhu saat katalis dimasukkan	300°C	150°C	150°C
3	Tahapan perengkahan	2 tahap	1 tahap	1 tahap
4	yield C <sub>3</sub> dan c <sub>4</sub>	29% massa	12% massa	23% massa
5	Yield CO <sub>2</sub>	12,48% massa	-	19,5% massa
6	Selektifitas	C <sub>3</sub> +C <sub>4</sub> : 52% CO <sub>2</sub> : 27%	Selektif terhadap C <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> +C <sub>4</sub> : 44% CO <sub>2</sub> : 34%
7	rasio massa CPO/katalis optimum	75:1	100:1	125:1
8	waktu reaksi	30 menit tahap 1 + 30 menit tahap 2	60 menit	60 menit
9	Produk Perengkahan	CO <sub>2</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>2</sub>	selektif terhadap C <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>2</sub>
10	Mekanisme perengkahan	pemotongan pada gugus C=O	Pemotongan pada ikatan rangkap C=C	pemotongan pada gugus C=O

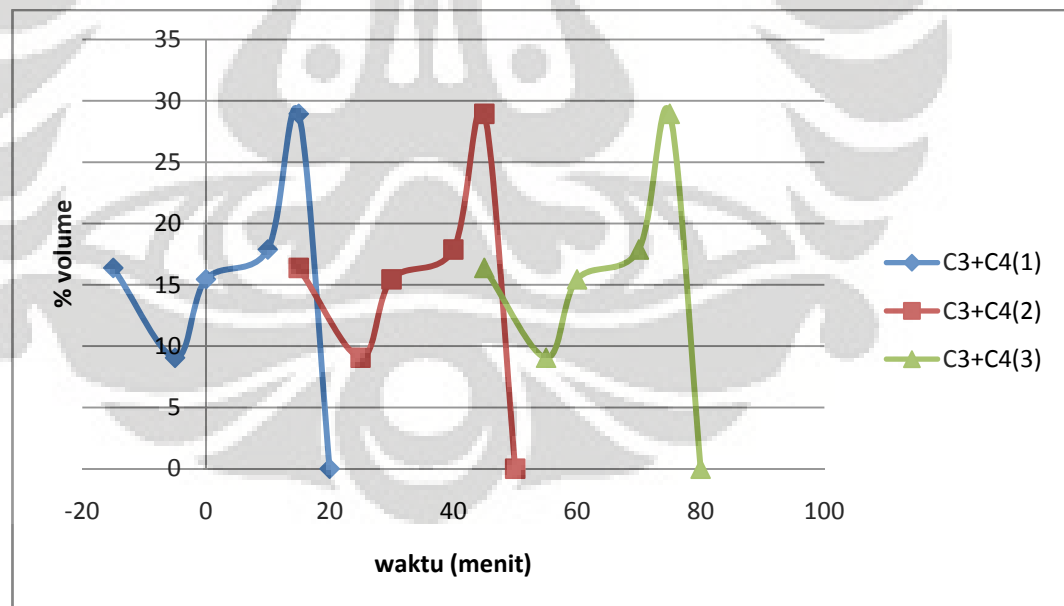
Hasil yang didapatkan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu Dewi, 2007 agak sedikit berbeda. Pada penelitian sebelumnya pada suhu 350°C tidak ditemukan produk lain kecuali CO<sub>2</sub>, tetapi pada penelitian saat ini pada suhu 350°C dengan menggunakan rasio massa CPO/katalis 75:1 ditemukan adanya produk berupa C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>. Kemungkinan hal ini disebabkan karena suhu pada saat memasukkan katalis yang berbeda. Pada penelitian ini katalis dimasukkan pada suhu 300°C.

#### 4.10 Usulan proses Yang Diajukan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa untuk merengkah gugus C=O terlebih dahulu pada tahap pertama dan merengkah

hidrokarbon rantai panjang pada tahap kedua tidak bisa dilakukan secara optimal karena selalu terdapat kompetisi reaksi antara perengkahan yang menghasilkan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{C}_3\text{-C}_4$ . Selain itu juga didapatkan hasil bahwa setelah waktu tertentu selama suhu perengkahan katalis mengalami dekatifikasi sehingga tidak dapat menghasilkan produk gas lagi. Berdasarkan hal tersebut upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan yield  $\text{C}_3$  dan  $\text{C}_4$  ialah mengganti katalis dengan fresh katalis secara berkala. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kinerja perengkahan. Katalis yang telah terdeaktivasi diganti dengan fresh sehingga dengan acid amount yang banyak dapat merengkah hidrokarbon rantai panjang yang belum terengkah.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dalam penelitian akan didapatkan grafik pada gambar 4.15. yang menunjukkan deaktivasi katalis yang menyebabkan turunnya yield  $\text{C}_3$  dan  $\text{C}_4$  pada suhu  $370^\circ\text{C}$  untuk mengatasi masalah ini maka katalis harus diganti setiap 30 menit sekali dalam reaksi perengkahan katalitik sehingga didapatkan fresh katalis yang berfungsi untuk menjaga agar  $\text{C}_3$  dan  $\text{C}_4$  tetap diproduksi selama reaksi perengkahan berlangsung. Selain itu sebaiknya reaksi perengkahan hanya dilakukan pada suhu  $370^\circ\text{C}$  saja yang memberikan hasil signifikan.



Gambar 4.15. Regenerasi katalis pada suhu  $370^\circ\text{C}$

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

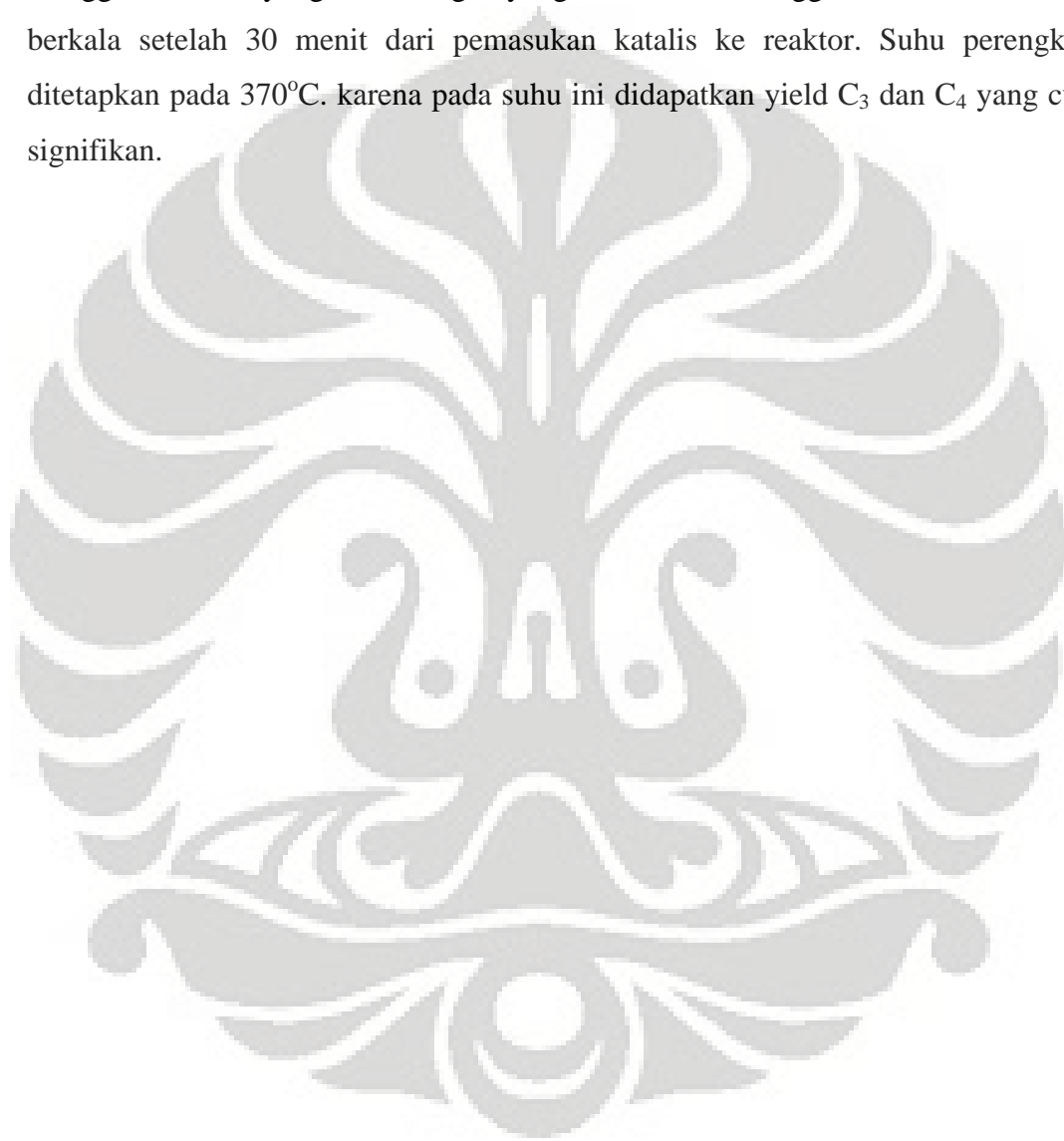
#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Reaksi Perengkahan katalitik dua tahap dari CPO dapat menghasilkan produk berupa hidrokarbon fraksi C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>, dengan konversi maksimum didapatkan pada perbandingan rasio massa CPO/katalis 100:1, sebesar 66% massa, dan yield Gas paling besar didapatkan pada rasio massa CPO/katalis 75:1 dengan yield C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> sebesar 18,2% volume.
2. Perengkahan katalitik dua tahap tidak dapat menghindari terjadinya kompetisi reaksi antara perengkahan gugus C=O yang menghasilkan CO<sub>2</sub> dengan perengkahan hidrokarbon rantai panjang yang menghasilkan produk C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>.
3. Terjadi deaktivasi katalis yang menyebabkan aktivitas katalis berkurang bahkan mati. Deaktivasi ini terjadi sekitar 20 menit dari suhu perengkahan dimulai.
4. Alur reaksi yang terjadi pada penelitian ini adalah
  - Reaksi diawali dengan perengkahan termal menghasilkan hidrokarbon rantai panjang
  - Suhu 300°C, saat katalis dimasukkan ke reaktor terjadi proses perengkahan katalitik hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>.
  - Pada perengkahan tahap pertama terjadi perengkahan trigliserida yang menghasilkan asam karboksilat dan hidrokarbon rantai panjang serta gas CO<sub>2</sub>.
  - Pada perengkahan Tahap kedua, terjadi perengkahan lanjut hidrokarbon rantai panjang menjadi rantai yang lebih pendek. Perengkahan ini berkompetisi dengan perengkahan yang menghasilkan gas CO<sub>2</sub> yang berasal dari trigliserida.

## 5.2. Saran

Saran ataupun rekomendasi berdasarkan hasil penelitian ini yaitu untuk Mengoptimalkan produk berupa hidrokarbon C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> maka perlu regenerasi katalis untuk menjaga keaktifan katalis. Regenerasi ini dilakukan dengan cara mengganti katalis yang lama dengan yang masih fresh. Penggantian dilakukan secara berkala setelah 30 menit dari pemasukan katalis ke reaktor. Suhu perengkahan ditetapkan pada 370°C. karena pada suhu ini didapatkan yield C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> yang cukup signifikan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, R. A. (2007). *Sintesis Hidrokarbon C3 Dan C4 Dari Minyak Kelapa Sawit Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik Dengan Katalis Zeolit*, Skripsi. Depok: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Fauzi, Y. (2007). *Kelapa Sawit: Budi Daya Pemanfaatan Hasil & Limbah Analisis Usaha & Pemasaran*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Fessenden, F. (1995). *Kimia Organik Jilid Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Hai, T. C. (2002). *Palm Oil Industry In Malaysia*. Selangor: WWF Malaysia.
- Hidayat, M. (2007). *Sintesis Hidrokarbon Fraksi C3 Dan C4 Dari Minyak Kelapa Sawit Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis Alumina ( $Al_2O_3$ )*, Skripsi. Depok: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- 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.
- Kartina, S. (2006). *Effect Of Temperature And Hydrogen On Palm Oil Cracking Over MCM-41/ZSM-5 Compositied Catalyst*, Tesis. Skudai : Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering Universiti Teknologi Malaysia
- Ketaren, S. (1986). Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Pasaribu, N. (2004). *Minyak Buah Kelapa sawit*. Medan: Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara
- Richardson, J. T. (1989). *Principles of Calatyst Development*. New York: Plenum Press.
- Satterfield, C. N. (1991). *Heteregenous Catalyst in Industrial Practice, 2nd ed*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Silalahi, J. (2006). *Peningkatan Bilangan Oktan Biogasoline malalui Proses Hidrasi*, Seminar. Depok: Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Siregar, T. B. (2005). *Catalytic Cracking Of Palm Oil To Gasoline Using Zeolite Catalyst*, Tesis. Skudai: Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering Universiti Teknologi Malaysia

- Speight, J. (1991). *The Chemistry and Technology of Petroleum*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Tambun, R. (2006). *Buku Ajar Teknologi Oleokimia*. Medan : Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Tan, Y.L., Mohamed, A. R. and Bhatia, S. (1999). *Catalytic Conversion of Palm Oil to Fuels and Chemicals. The Canadian Journal of Chemical Engineering*.
- 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. (2008b). *Butane*. Retrieved Mei 13, 200, from Wikipedia International Encyclopedia: <http://www.wikipedia.org/butane>
- Wikipedia. (2008a). *Propane*. Retrieved Mei 13, 200, from Wikipedia International Encyclopedia: <http://www.wikipedia.org/propane>
- Wikipedia. (2008a). *Cracking*. Retrieved Mei 13, 200, from Wikipedia International Encyclopedia: <http://www.wikipedia.org/cracking>
- Win, D. T. (2007). *Zeolites - Earliest Solid State Acids, Review Article*. Bangkok: Faculty of Science and Technology, Assumption University Bangkok, Thailand

## LAMPIRAN

### Pengolahan data GC

75;1 suhu 370 C Tahap 2

Komponen	Volume pada suhu		volume pada waktu di suhu perengkahan 370 C (ml)						
	300	340	0 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit
Udara	0.654684	0.556714	0.438736	0.346382	0.359773	0.69676	0.867809	0.925647	0.549854
CO2	0.004673	0.056813	0.143388	0.143215	0.149651				
CH4									
C2H6		0.008099							
C2H4		0.000957	0.005946	0.00037	0.004924				
C3H8		0.003644	0.024706	0.010397	0.065096				
C3H6									
i-C4									
n-C4	0.056549	0.036463	0.061973		0.049354	0.087757			



75;1 suhu 350 C Tahap 1

Komponen	Volume pada suhu			volume pada waktu di suhu perengkahan 370 C (ml)						
	300	320	340	0 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit
Udara	0.50596	0.652544	0.661024	0.565166	0.514385	0.575965	0.686586	0.613787	0.717459	0.630543
CO2	0.0001	0.0001	0.005387	0.062293	0.076779					
CH4										
C2H6					0.002419					
C2H4					0.008626					
C3H8					0.014399					
C3H6										
i-C4				0.009115		0.008778				
n-C4	0.029656	0.036081	0.047588							

100;1 suhu 370 C Tahap 2

Komponen	Volume pada suhu			volume pada waktu di suhu perengkahan 370 C (ml)						
	300	320	340	0 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit
Udara	0.662618	0.656793	0.573842	0.6898	0.536859	0.695813	0.698538	0.587036	0.749537	0.513996
CO2	0.001061	0.004958	0.064534	0.008471	0.07473	0.001195	0.005938	0.005607	0.012244	0.058042
CH4										
C2H6		0.0001		0.0001	0.01233		0.0001	0.0001		0.0001
C2H4										
C3H8					0.02009					0.018719
C3H6										
i-C4										
n-C4		0.029817	0.042914		0.029821	0.029787	0.029938	0.040392		

100;1 suhu 350 C tahap 1

Komponen	Volume pada suhu			volume pada waktu di suhu perengkahan 350 C (ml)						
	300	320	340	0 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit
Udara	0.69242	0.545288	0.575142	0.528295	0.556607	0.773517	0.669228	0.59907	0.577639	0.541349
CO2	0.0001	0.015721	0.058314	0.083694	0.091222	0.004466	0.000953			
CH4										
C2H6										
C2H4										
C3H8										
C3H6										
i-C4				0.00695						
n-C4	0.037458	0.040873	0.032054							

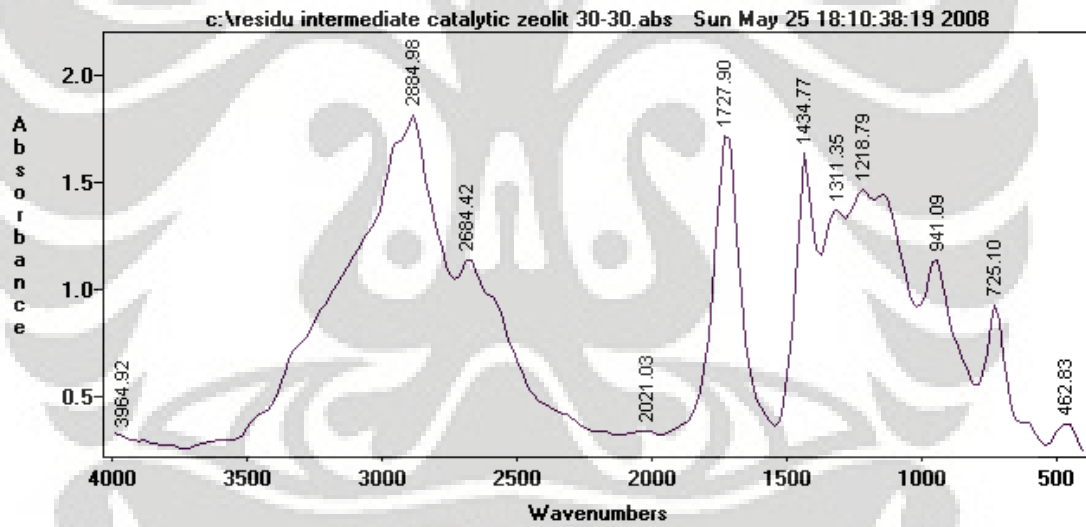
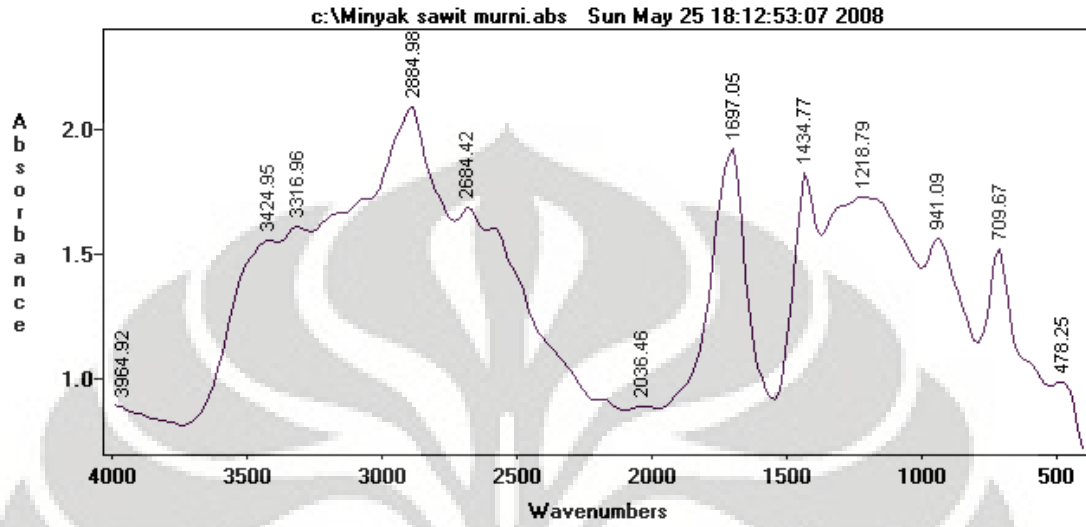
125;1 suhu 370 C tahap 2

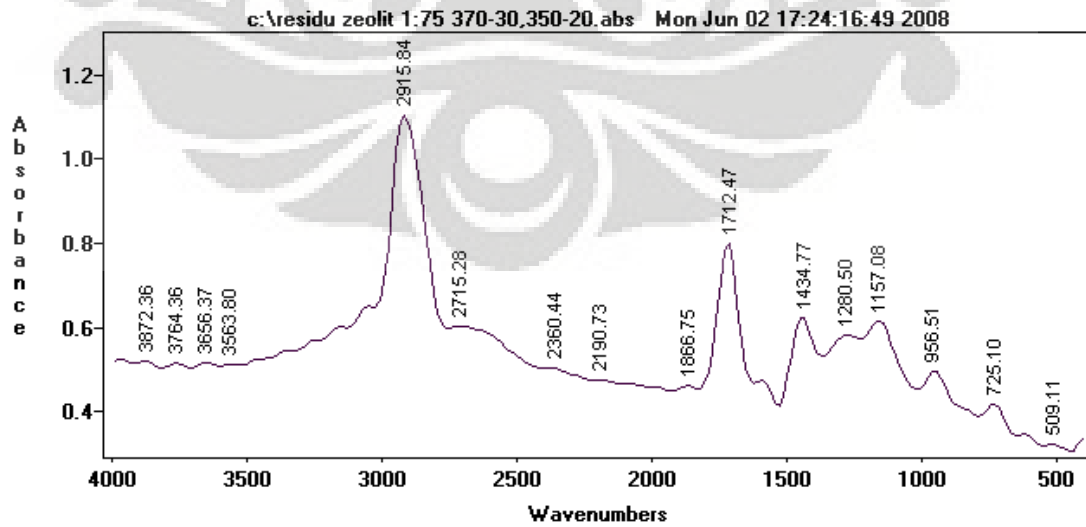
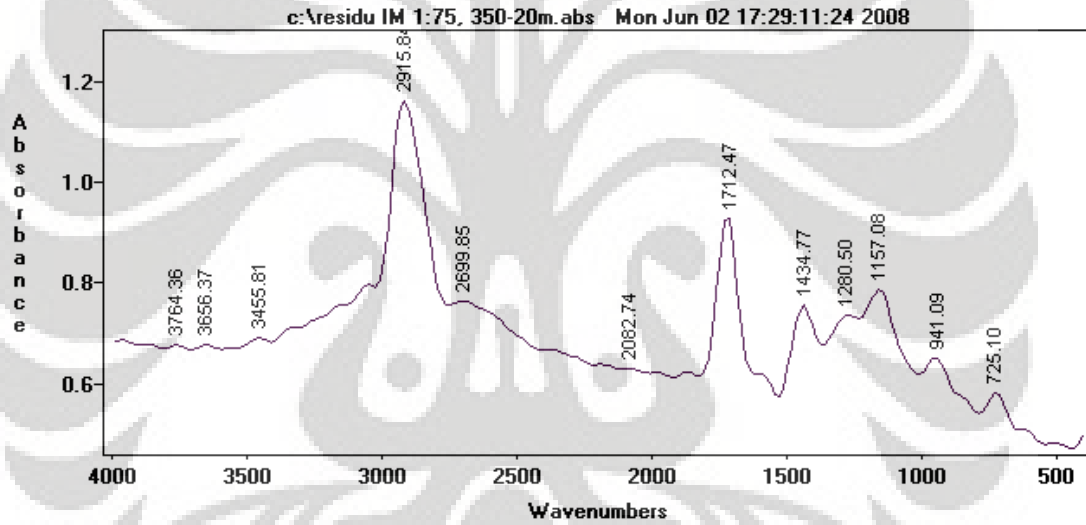
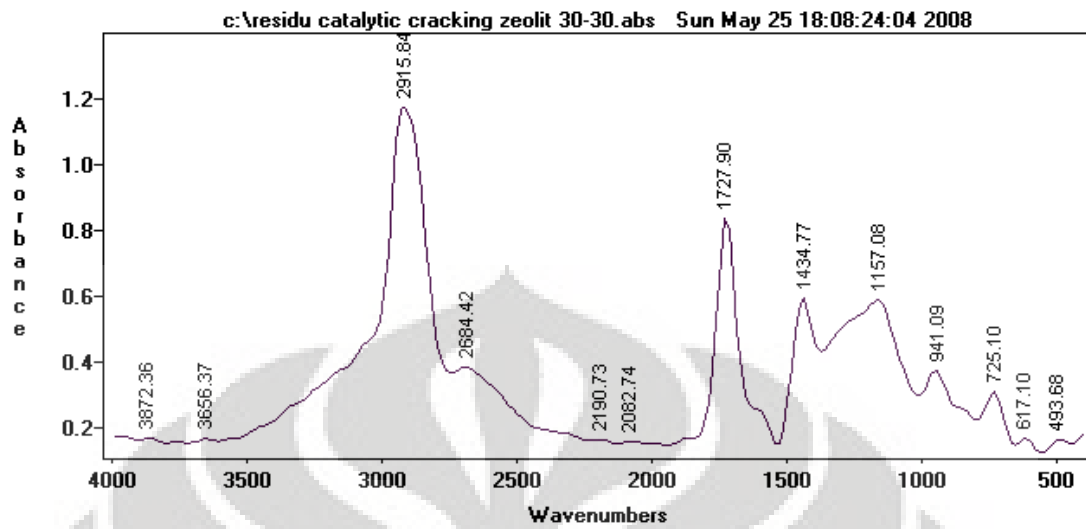
Komponen	Volume pada suhu			volume pada waktu di suhu perengkahan 370 C (ml)						
	300	320	340	0 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit
Udara	0.592446	0.565459	0.565415	0.546222	0.504311	0.653965	0.557506	0.910857	0.274787	0.537277
CO2	0.002254	0.064551	0.050681	0.0652	0.081963	0.002316	0.062237			
CH4										
C2H6		0.008369	0.006898	0.006303	0.007822		0.019443			
C2H4										
C3H8				0.015262			0.016056			
C3H6										
i-C4	0.010653		0.013569			0.004377				
n-C4		0.039984	0.059135	0.029662	0.042452		0.191703		0.411552	

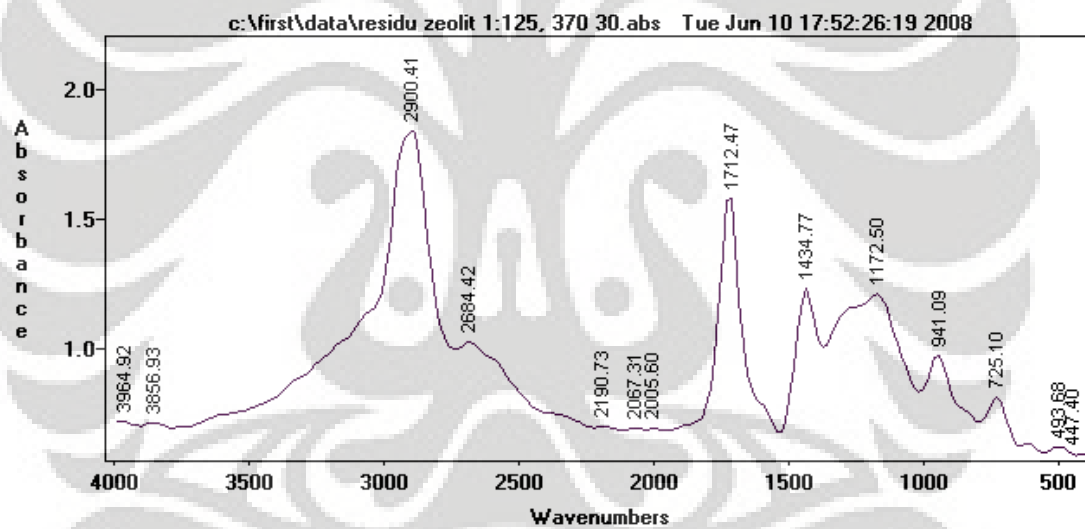
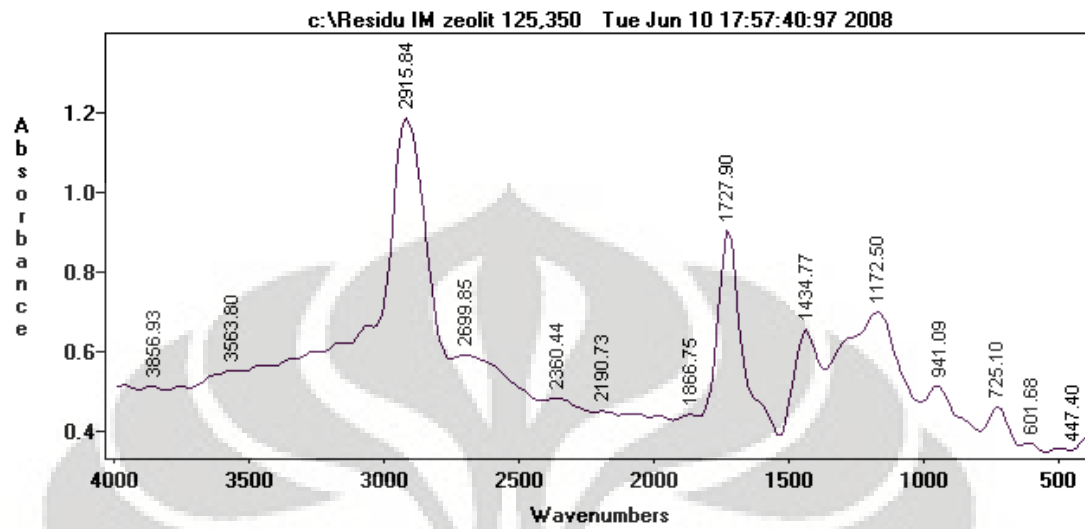
125;1 suhu 350 C tahap 1

Komponen	Volume pada suhu		volume pada waktu di suhu perengkahan 350 C (ml)						
	300	340	0 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit
Udara	0.69242	0.702623	0.535225	0.528295	0.556607	0.666812	0.704901	0.688724	0.568602
CO2	0.005017	0.015721	0.083694	0.091222	0.057704	0.000953			0.0558
CH4									
C2H6		0.0001	0.0001	0.001611	0.0001				
C2H4									
C3H8		0.072168		0.006532					
C3H6				0.002924					0.009671
i-C4									
n-C4	0.040563	0.050102	0.039261				0.053851		

## Data FTIR







## Yield, Konversi dan Selektifitas

### Yield dan Konversi Rasio 75:1 overall (dalam %massa/massa)

suhu	370 C (30 menit, 1:75), 350 (20 menit 1:75)
densitas CPO hasil perengkahan	0.83 gr/ml
Produk Gas	11.81 gr
Produk Cair	10.03 gr
densitas Produk Cair	0.73 gr/ml
IBP	380.00 C
konversi	56.14%
Yield	46.10%
CH <sub>4</sub>	0.00%
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.34%
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2.56%
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	4.60%
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.00%
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1.02%
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	24.11%
CO <sub>2</sub>	12.49%
Produk Cair (C <sub>5</sub> +)	10.04%

### Yield dan Konversi Rasio 100:1 overall (dalam %massa/massa)

suhu	370 C (30 menit, 1:100), 350 (30 menit 1:100)
densitas CPO hasil perengkahan	0.79gr/ml
Produk Gas	7.67gr
Produk Cair	9.07gr
densitas Produk Cair	0.74gr/ml
IBP	380 C
konversi	66.16%
Yield	30.33%
CH <sub>4</sub>	0.00%
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2.50%
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.00%
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	4.48%

C3H8	0.00%
i-C4H10	0.49%
n-C4H10	5.80%
CO2	17.06%
Produk Cair (C5+)	35.84%

**Yield dan Konversi Rasio 125:1 overall (dalam %massa/massa)**

suhu	370 C (30 menit, 1:125), 350 (30 menit 1:125)
densitas CPO hasil perengkahan	0.79 gr/ml
Produk Gas	7.04 gr
Produk Cair	8.60 gr
densitas Produk Cair	0.74 gr/ml
IBP	380.00 C
konversi	61.15%
Yield	27.49%
CH4	0.00%
C2H4	2.28%
C2H6	0.00%
C3H6	4.69%
C3H8	1.22%
i-C4H10	0.66%
n-C4H10	9.72%
CO2	8.91%
Produk Cair (C5+)	33.66%

**Yield dan Selektivitas Rasio 75:1 overall (dalam %massa/massa)**

Komponen	Yield	selektivitas
CH4	0	0
C2H4	1.338312	2.90285
C2H6	2.555388	5.542735
C3H6	4.59831	9.973913
C3H8	0	0
i-C4H10	1.01661	2.205066
n-C4H10	24.10813	52.29147
CO2	12.48662	27.08396



**Yield dan Selektivitas Rasio 100:1 overall (dalam %massa/massa)**

Komponen	Yield	Selektivitas
CH <sub>4</sub>	0	0
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2.496215	8.230927
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0	0
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	4.482967	14.78197
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0	0
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.485529	1.600965
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	5.804051	19.13807
CO <sub>2</sub>	17.0585	56.24807

**Yield dan Selektivitas Rasio 125:1 overall (dalam %massa/massa)**

Komponen	Yield	Selektivitas
CH <sub>4</sub>	0	0
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2.282649	8.304799
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0	0
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	4.693414	17.07571
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.221035	4.442405
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.661405	2.406345
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	9.722319	35.37203
CO <sub>2</sub>	8.905077	32.39871

**Yield dan Selektivitas Rasio 75:1 overall (dalam %volum/volum)**

Komponen	Yield	Selektivitas
CH <sub>4</sub>	0	0
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.347816	0.865447
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.688609	1.713417
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	3.910201	9.729479
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0	0
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.591733	1.472367
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	13.40707	33.35986
CO <sub>2</sub>	21.24379	52.85943