



UNIVERSITAS INDONESIA

REAKSI DEKARBOKSILASI MINYAK JARAK PAGAR UNTUK  
PEMBUATAN HIDROKARBON SETARA FRAKSI DIESEL  
DENGAN PENAMBAHAN  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

SKRIPSI

ANDRES SURANTO  
0405060105

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JULI 2009



UNIVERSITAS INDONESIA

REAKSI DEKARBOKSILASI MINYAK JARAK PAGAR UNTUK  
PEMBUATAN HIDROKARBON SETARA FRAKSI DIESEL  
DENGAN PENAMBAHAN  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia

ANDRES SURANTO  
0405060105

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JULI 2009

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Andres Suranto

NPM : 0405060105

Tanda Tangan : 

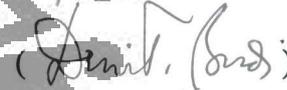
Tanggal : 6 Juli 2009

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Andres Suranto  
NPM : 0405060105  
Departemen : Teknik Kimia  
Judul Skripsi : Reaksi Dekarboksilasi Minyak Jarak Pagar untuk  
Pembuatan Hidrokarbon Setara Fraksi Diesel  
dengan Penambahan  $\text{Ca(OH)}_2$

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Setiadi, M.Eng (  )  
Penguji : Ir. Dewi Trisnantini, M.T, Ph.D (  )  
Penguji : Ir. Sukirno, M.Eng (  )

Ditetapkan di: Depok

Tanggal: 6 Juli 2009

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji hanyalah milik Allah, Tuhan semesta alam. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad *shallallaahu 'alaihi wa sallam*, juga kepada keluarga beliau, sahabat, dan orang-orang yang mengikuti mereka dengan baik dan benar.

Skripsi dengan judul "Reaksi Dekarboksilasi Minyak Jarak Pagar untuk Pembuatan Hidrokarbon Setara Fraksi *Diesel* dengan Penambahan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ " ini disusun untuk melengkapi sebagian persyaratan akademis untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan banyak terima kasih kepada Bapak Ir. Setiadi, M.Eng selaku pembimbing skripsi, yang telah memberikan sumbangsih pemikiran dan meluangkan waktunya sampai skripsi ini selesai. Penulis juga ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada pihak-pihak berikut:

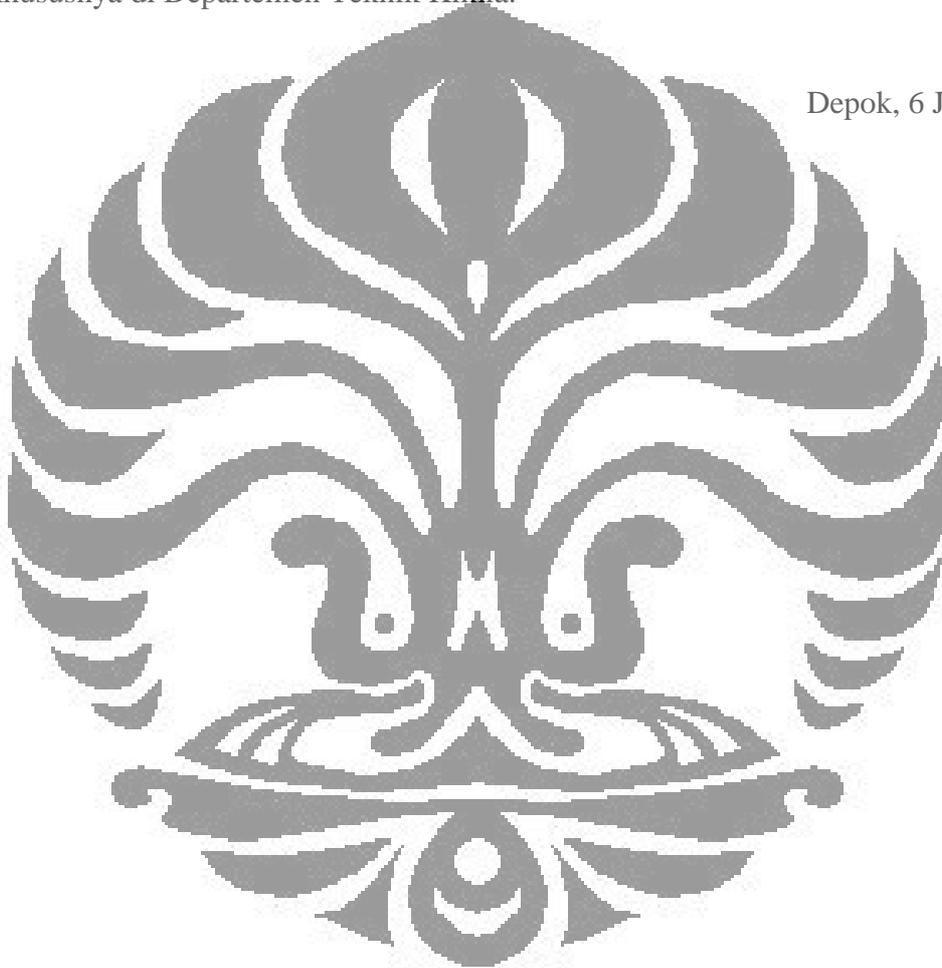
1. Bpk. Prof. Dr. Ir. Widodo W. Purwanto sebagai kepala Departemen Teknik Kimia FTUI.
2. Bpk. Ir. Yuliusman, M.Eng. selaku koordinator skripsi.
3. Para dosen di Departemen Teknik Kimia FTUI yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan.
4. Seluruh karyawan departemen Teknik Kimia FTUI yang telah banyak membantu dalam berbagai keperluan.
5. Ibunda serta ayahanda yang telah memenuhi seluruh kebutuhan penulis. Do'a dan dorongan dari keduanya selalu penulis harapkan sepanjang masa.
6. Adikku tercinta yang telah memberikan motivasi serta do'a mereka yang selalu penulis harapkan.
7. Ahmad Adlan sebagai partner kerja dalam skripsi dan partner di tempat-tempat lainnya.
8. Angga, Rano dan Lutfhi yang telah banyak membantu.
9. Seluruh teman-teman Teknik Kimia 2005 yang banyak memberikan motivasi dan inspirasi dalam pembuatan skripsi ini.

10. Seluruh pihak yang tidak dapat dicantumkan namanya satu persatu, atas bantuan dan sumbangsih demi selesainya pembuatan skripsi ini.

Akhirnya, makalah skripsi ini tentu saja belum sempurna dan masih membutuhkan banyak perbaikan. Untuk itu, penulis menerima segala masukan dan kritik membangun demi kesempurnaan dan perbaikan skripsi ini. Semoga keberadaan skripsi ini dapat menambah khazanah ilmu di Indonesia dan khususnya di Departemen Teknik Kimia.

Depok, 6 Juli 2009

Penulis



## ABSTRAK

Nama : Andres Suranto  
Departemen : Teknik Kimia  
Judul : Reaksi Dekarboksilasi Minyak Jarak Pagar untuk Pembuatan Hidrokarbon Setara Fraksi Diesel dengan Penambahan  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Reaksi dekarboksilasi minyak jarak pagar dengan penambahan  $\text{Ca(OH)}_2$  berlebih untuk pembuatan hidrokarbon setara fraksi diesel telah dilakukan. Reaksi dilakukan di dalam reaktor *batch* yang beroperasi pada tekanan atmosferik dan temperatur antara 400 – 475 °C. Variasi yang dilakukan meliputi variasi umpan, temperatur saponifikasi dan temperatur dekarboksilasi. Reaksi dengan umpan *excess*  $\text{Ca(OH)}_2$  100% mol, temperatur saponifikasi 200 °C dan temperatur dekarboksilasi 475 °C memberikan konversi terbesar yaitu 65,44%. Produk cair dianalisa menggunakan FTIR, menunjukkan adanya gugus keton namun tidak dijumpai adanya gugus karboksil. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi dekarboksilasi telah berhasil dilakukan. Analisa GC-MS menunjukkan *yield* hidrokarbon setara fraksi *diesel* sebesar 38,18%. Sedangkan analisa sifat fisik yang meliputi densitas dan viskositas menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Dirjen Migas.

*Kata kunci:* dekarboksilasi, minyak jarak pagar,  $\text{Ca(OH)}_2$ , saponifikasi.

## ABSTRACT

Name : Andres Suranto  
Department : Chemical Engineering  
Title : Decarboxylation Reaction of *Jatropha Curcas* Oil for Hydrocarbon-diesel-like Fuel Production with Added  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Decarboxylation reaction of *Jatropha curcas* oil with  $\text{Ca(OH)}_2$  excess for hydrocarbon-diesel-like fuel production was conducted. The reaction was carried out in batch reactor at atmospheric pressure and temperature between 400 – 475 °C. The research variations consist of feed, saponification and decarboxylation temperature. The result showed that reaction with excess  $\text{Ca(OH)}_2$  100% mol, saponification and decarboxylation temperature 200 °C and 475 °C respectively, gave the biggest conversion of 65,44%. Liquid product analized with FTIR showed that ketone group was found but not carboxyl. It indicated that the decarboxylation reaction was succesful. The GC-MS showed that the yield of hydrocarbon-diesel-like fuel was 38,18%. While the physical analysis of density and viscosity showed that product has fulfilled Dirjen Migas's standard.

*Keywords:* decarboxylation, *Jatropha curcas* oil,  $\text{Ca(OH)}_2$ , saponification.

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

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

Nama : Andres Suranto  
NPM : 0405060105  
Departemen : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

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

Reaksi Dekarboksilasi Minyak Jarak Pagar untuk Pembuatan Hidrokarbon Setara Fraksi Diesel dengan Penambahan  $\text{Ca(OH)}_2$

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok  
Pada tanggal: 6 Juli 2009  
Yang menyatakan

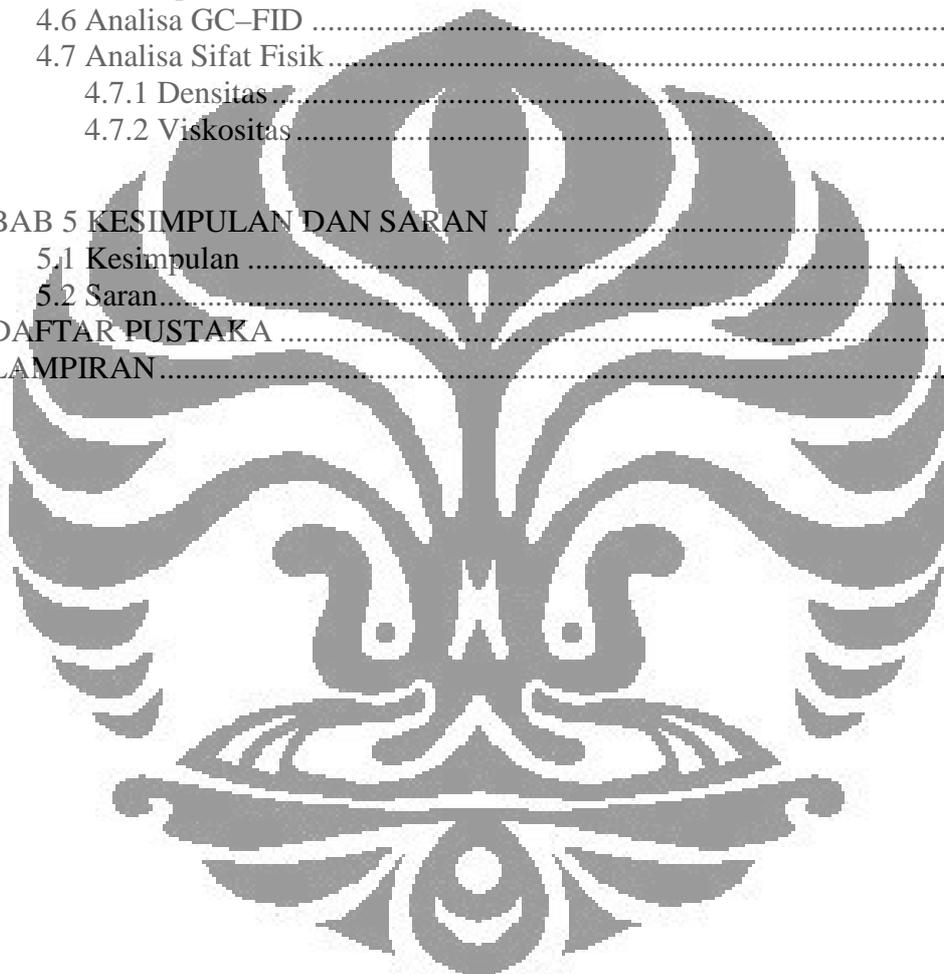


(Andres Suranto)

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Minyak Jarak Pagar.....	7
2.2 Sifat Fisik dan Kimia Minyak Jarak Pagar .....	11
2.3 Senyawa Basa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .....	11
2.4 Reaksi Saponifikasi.....	13
2.5 Reaksi Saponifikasi Minyak Jarak Pagar dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .....	14
2.6 Pembuatan Hidrokarbon Rantai Lurus dari Minyak Nabati .....	15
2.7 Reaksi Dekarboksilasi.....	15
2.7.1 Reaksi Dekarboksilasi Menggunakan Soda Lime.....	16
2.7.2 Reaksi Dekarboksilasi Menggunakan Kalsium Hidroksida.....	18
2.8 Solar .....	19
2.8.1 Karakteristik Solar .....	19
2.8.2 Spesifikasi Solar Indonesia .....	21
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Persiapan Umpan .....	24
3.2 Persiapan Sarana Reaktor untuk Uji Reaksi Dekarboksilasi.....	24
3.3 Percobaan Uji Reaksi Dekarboksilasi.....	26
3.3.1 Prosedur Percobaan Reaksi Dekarboksilasi untuk Variasi Umpan .....	26
3.3.2 Prosedur Percobaan Reaksi Dekarboksilasi untuk Variasi Temperatur Saponifikasi .....	27
3.3.3 Prosedur Percobaan Reaksi Dekarboksilasi untuk Variasi Temperatur Dekarboksilasi .....	27
3.4 Analisis Produk Hasil Reaksi .....	29
3.4.1 Analisis GC-MS .....	29
3.4.2 Analisis FTIR .....	30
3.4.3 Analisis Sifat Fisik .....	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34

4.1 Hasil Reaksi Saponifikasi .....	34
4.2 Produk Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Umpan .....	35
4.3 Produk Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Temperatur Saponifikasi.....	36
4.4 Hasil Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Temperatur Dekarboksilasi.....	38
4.5 Analisa FTIR.....	40
4.5.1 Spektra FTIR Minyak Jarak Pagar.....	40
4.5.2 Spektra FTIR Produk Hasil Dekarboksilasi dengan Variasi Umpan dan Temperatur Saponifikasi Terbaik.....	41
4.5.3 Spektra FTIR Produk Hasil Dekarboksilasi dengan Variasi Temperatur Dekarboksilasi Terbaik.....	42
4.5.4 Spektra Diesel Komersial.....	43
4.6 Analisa GC-FID .....	44
4.7 Analisa Sifat Fisik.....	46
4.7.1 Densitas.....	46
4.7.2 Viskositas.....	47
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	 48
5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA .....	49
LAMPIRAN.....	52

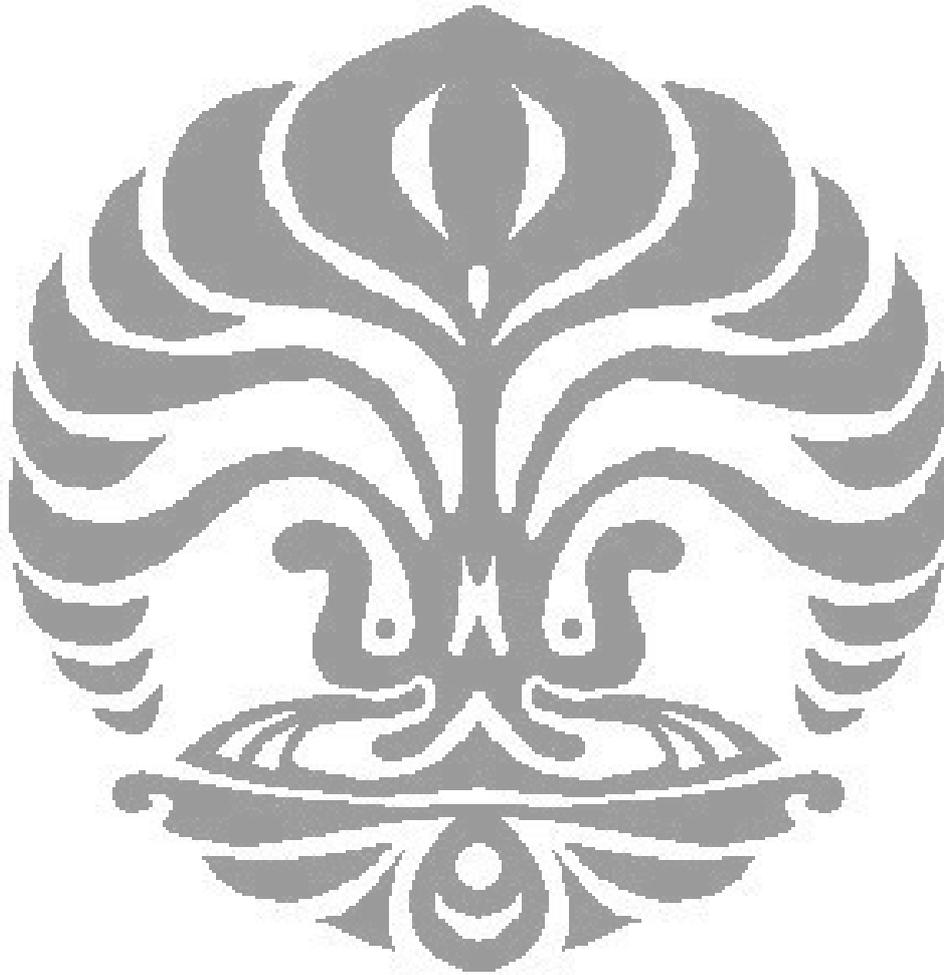


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perkiraan Pemakaian Energi Final di Sektor Transportasi per Jenis Energi .....	2
Gambar 2.1 Tanaman Jarak Pagar .....	7
Gambar 2.2 Minyak Jarak Pagar .....	8
Gambar 2.3 Struktur Molekul Trigliserida .....	8
Gambar 2.4 Struktur Molekul Berbagai Asam Lemak .....	10
Gambar 2.5 Kalsium Hidroksida .....	12
Gambar 2.6 Tahap 1 Reaksi Saponifikasi .....	13
Gambar 2.7 Tahap 2 Reaksi Saponifikasi .....	13
Gambar 2.8 Tahap 3 Reaksi Saponifikasi .....	14
Gambar 2.9 Reaksi Saponifikasi .....	14
Gambar 2.10 Reaksi Asam Lemak dan Kalsium Hidroksida .....	14
Gambar 2.11 Struktur Molekul Asam Karboksilat .....	16
Gambar 2.12 Mekanisme Reaksi Dekarboksilasi .....	16
Gambar 2.13 Reaksi Dekarboksilasi .....	18
Gambar 2.14 Reaksi Garam Lemak dengan Oksigen .....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Rencana Penelitian .....	23
Gambar 3.2 Reaktor yang Digunakan untuk Uji Reaksi Dekarboksilasi .....	25
Gambar 3.3 Skema Susunan Reaktor .....	26
Gambar 3.4 Profil Temperatur Reaksi .....	28
Gambar 3.5 Sistem Reaktor .....	29
Gambar 3.6 Instrumentasi GC-MS .....	30
Gambar 3.7 Instrumentasi FTIR .....	31
Gambar 3.8 Piknometer .....	32
Gambar 3.9 Viscometer Cannon Fenske .....	32
Gambar 4.1 Skema Reaktor .....	34
Gambar 4.2 Produk Cair Reaksi dekarboksilasi .....	35
Gambar 4.3 Pengaruh Komposisi Umpan terhadap Konversi .....	36
Gambar 4.4 Pengaruh Komposisi Temperatur Saponifikasi terhadap Konversi .....	36
Gambar 4.5 Perbandingan Umpan dan Hasil Reaksi Saponifikasi .....	37
Gambar 4.6 Pengaruh Komposisi Temperatur Dekarboksilasi terhadap Konversi ...	38
Gambar 4.7 Sisa Reaksi Dekarboksilasi .....	39
Gambar 4.8 Spektra FTIR Minyak Jarak Pagar .....	40
Gambar 4.9 Spektra FTIR Hasil Dekarboksilasi dengan Variasi Umpan dan Temperatur Saponifikasi Terbaik .....	41
Gambar 4.10 Spektra FTIR Hasil Dekarboksilasi dengan Temperatur Dekarboksilasi Terbaik .....	43
Gambar 4.11 Spektra FTIR Diesel Komersial .....	43

## DAFTAR TABEL

Table 2.1 Kandungan Asam Lemak Penyusun Minyak Jarak Pagar .....	10
Tabel 2.2 Sifat Fisika dan Kimia Minyak Jarak Pagar.....	11
Tabel 2.3 Sifat Fisika dan Kimia Kalsium Hidroksida .....	12
Tabel 2.4 Spesifikasi Solar Sesuai SK Dirjen Migas No. 3675K/24/DJM/2006.....	22
Tabel 3.1 Variasi Umpan (Campuran Minyak Jarak dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .....	24
Tabel 4.1 Ringkasan Spektra FTIR Minyak Jarak Pagar, Hasil Reaksi Dekarboksilasi dan Diesel Komersial.....	44
Tabel 4.2 Data Analisa FID .....	45
Tabel 4.3 Persentase Senyawa Hidrokarbon Setara Fraksi Diesel.....	45



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini sebagian besar kebutuhan energi di dunia disuplai dari minyak bumi. Pada tahun 2005, konsumsi energi di Indonesia dari sektor minyak bumi ini mencapai 61.72% dari konsumsi energi total (Purwanto et al., 2006). Dengan semakin banyaknya permintaan dan konsumsi akan minyak bumi, maka secara berangsur-angsur cadangan minyak bumi yang ada akan semakin berkurang dan suatu saat akan habis.

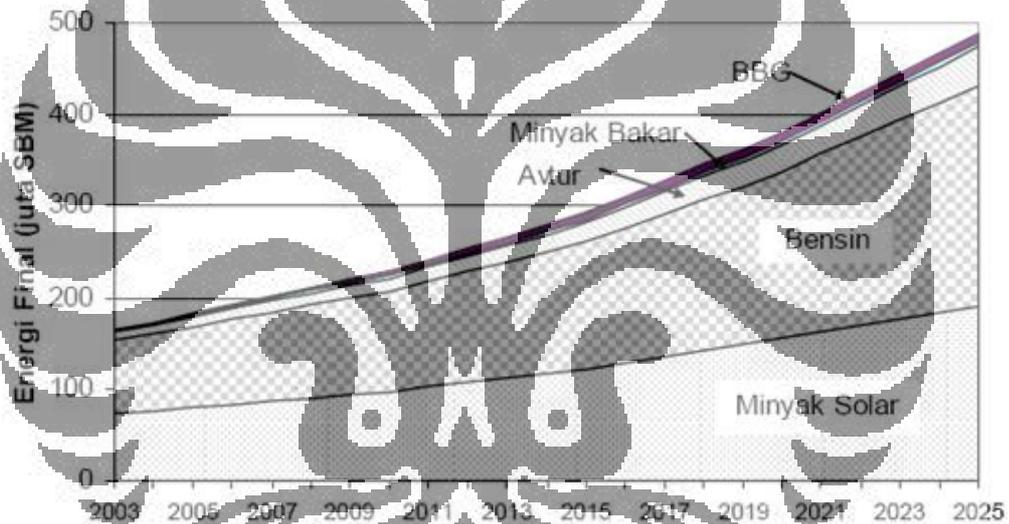
Dengan kondisi seperti ini maka perlu dilakukan penghematan dan mencari bahan bakar alternatif yang mungkin dikembangkan. Salah satu alternatif adalah dengan memanfaatkan bahan bakar yang berasal dari minyak nabati (Bahan Bakar Nabati). Bahan Bakar Nabati perlu dikembangkan karena merupakan sumber energi yang terbarukan, sehingga tidak akan menimbulkan kekhawatiran akan adanya kelangkaan seperti pada Bahan Bakar Minyak.

Salah satu sumber Bahan Bakar Nabati yang prospektif dikembangkan adalah minyak jarak pagar. Jarak pagar relatif mudah ditanam, toleransinya tinggi terhadap berbagai jenis tanah dan iklim dan produksi minyaknya tinggi (Syahirah, 2008). Tanaman ini dapat tumbuh di lahan kritis sehingga dapat dijadikan sebagai tanaman budidaya di Indonesia, mengingat lahan kritis di Indonesia cukup besar mencapai lebih dari 20 juta ha (*Biofuel*, n.d.). Pengembangan tanaman jarak pagar di lahan kritis ini diharapkan akan mendapat keuntungan ganda antara lain (1) menunjang usaha konservasi lahan, (2) memberikan kesempatan kerja sehingga berimplikasi meningkatkan penghasilan kepada petani, dan (3) sebagai sumber bahan bakar nabati (biofuel) (Atmojo, 2009). Keuntungan lainnya adalah jarak pagar tidak dapat dikonsumsi oleh manusia karena mengandung racun berupa phorbol ester dan curcin (Bambang, 2006).

Minyak jarak pagar dapat dikembangkan sebagai pengganti bahan bakar fosil karena memiliki struktur hidrokarbon yang menyerupai minyak bumi. Hidrokarbon tersebut sebagian besar terdapat dalam bentuk trigliserida, yaitu suatu ester gliserol yang terdiri dari tiga asam lemak dan suatu gliserol. Dengan menghilangkan gugus karboksilat dalam trigliserida ini diharapkan akan

didapatkan Bahan Bakar Nabati dalam bentuk hidrokarbon yang setara dengan fraksi *diesel*.

*Diesel*/solar merupakan Bahan Bakar Minyak yang banyak dipakai di Indonesia. Terutama dipakai sebagai bahan bakar untuk mesin industri dan bahan bakar kendaraan bermotor yang menggunakan mesin *diesel*. Pada tahun 2003, penggunaan solar/*diesel* dalam bidang transportasi di Indonesia sebesar 44% dari total penggunaan Bahan Bakar Minyak, yang merupakan penggunaan terbesar kedua setelah bensin (49%). Diperkirakan penggunaan solar ini akan tetap mendominasi sampai tahun 2025 jika tidak ada kenaikan yang signifikan pada penggunaan bahan bakar lain seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 1.1 Perkiraan Pemakaian Energi Final di Sektor Transportasi per Jenis Energi (Sugiyono, 2005)

Bahan bakar pengganti *diesel* dari minyak nabati dapat diperoleh melalui beberapa cara, antara lain: penggunaan minyak nabati secara langsung, pencampuran minyak nabati dengan suatu pelarut dan mikroemulsi, *thermal cracking*/pirolisis dan transesterifikasi. Penggunaan minyak nabati sebagai pengganti bahan bakar *diesel* mulai dikembangkan pada tahun 1980an. Salah satu studi terbaru adalah penggunaan minyak bunga matahari di Afrika Selatan karena adanya embargo minyak bumi (Demirbas, 2003; Ma, 1999). Walaupun tidak praktis untuk mengganti 100% bahan bakar *diesel* dengan minyak nabati, namun penggunaan campuran 20% minyak nabati dan 80% bahan bakar *diesel* telah

berhasil dilakukan tanpa adanya perubahan atau penyesuaian pada mesin (Demirbas, 2003).

Penggunaan minyak nabati secara langsung sebagai pengganti bahan bakar *diesel* memiliki beberapa keuntungan antara lain ketersediaannya yang memadai, merupakan energi yang terbarukan, memiliki nilai kalor tinggi (88% dari bahan bakar *diesel*), dan memiliki kandungan sulfur dan aromatik yang lebih rendah. Sedangkan kekurangannya, minyak nabati memiliki viskositas yang lebih tinggi, volatilitas yang rendah dan adanya kereaktifan rantai hidrokarbon tak jenuh. Penggunaan mikroemulsi dan beberapa pelarut sebagai campuran minyak nabati dapat menurunkan viskositas, namun dapat menyebabkan masalah pada performa mesin seperti deposit karbon dan kontaminasi pelumas (Demirbas, 2003; Ma, 1999).

Pembuatan bahan bakar *diesel* dari minyak nabati yang paling banyak dilakukan adalah melalui reaksi transesterifikasi, yaitu dengan mereaksikan minyak nabati dengan alkohol (metanol, etanol atau butanol) sehingga membentuk metilester (biodiesel). Reaksi transesterifikasi ini dapat menurunkan viskositas, namun masih memiliki bilangan asam yang tinggi bila dibandingkan dengan diesel komersial. Selain itu, perubahan atau penyesuaian pada mesin perlu dilakukan agar penggunaan biodiesel tidak mengganggu performa mesin.

Dibandingkan dengan beberapa cara di atas, *pyrolysis/cracking* kelihatannya merupakan cara yang paling sederhana dan efisien. Lima dkk, melakukan *pyrolysis* terhadap beberapa minyak nabati seperti minyak kedelai, minyak sawit dan minyak jarak kaliki untuk mendapatkan produk hidrokarbon setara *diesel*. *Pyrolysis* dilakukan dengan dua metode yaitu tanpa katalis dan dengan menggunakan katalis HZSM-5 zeolit. *Pyrolysis* tanpa katalis pada temperatur 350 – 400 °C, menghasilkan hidrokarbon berupa alkana, alkena, aldehida, dan asam karboksilat namun tidak diperoleh produk aromatik seperti yang dihasilkan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Hasil distilasi produk hidrokarbon ini pada temperatur 200 °C, memiliki sifat fisik dan kimia yang mirip dengan bahan bakar dari minyak bumi (Lima, 2004).

Produk *pyrolysis* yang menggunakan katalis HZSM-5 zeolit menunjukkan adanya reaksi deoksigenasi karena produk yang dihasilkan memiliki kandungan

asam karboksilat yang lebih sedikit (Lima, 2004). Selain itu, produk *pyrolysis* dengan katalis akan menghasilkan lebih banyak produk *gasoline* daripada *diesel* (Demirbas, 2003; Ma, 1999).

*Pyrolysis* dapat juga dilakukan pada sabun dari minyak nabati seperti yang dilakukan oleh Chang C.C. dan Wan S.W. (1947). *Pyrolysis* ini menghasilkan hidrokarbon yang mirip dengan *crude oil*. *Crude oil* ini selanjutnya didistilasi seperti halnya distilasi minyak bumi untuk mendapatkan produk *diesel* dan sedikit *gasoline* dan *kerosene* (Demirbas, 2003).

Reaksi dekarboksilasi berhubungan dengan *pyrolysis* dimana rantai hidrokarbon dipatahkan dan gugus karboksil dilepas. Pembentukan hidrokarbon setara fraksi *diesel* melalui reaksi dekarboksilasi belum banyak dilakukan. Reaksi dekarboksilasi dapat dilakukan dengan bantuan katalis, terutama katalis logam. Pada tahun 2006, Mathias Snare dkk, telah berhasil mendapatkan produk berupa hidrokarbon C17 dari reaksi dekarboksilasi asam stearat pada temperatur 300 °C dan tekanan 6 bar dengan menggunakan katalis paladium yang disupport ke dalam karbon aktif (Snare et al, 2006).

Selain menggunakan katalis logam, reaksi dekarboksilasi juga dapat dilakukan dengan penambahan senyawa basa seperti *soda lime*. *Soda lime* adalah suatu campuran senyawa yang sebagian besar terdiri atas kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) dan sedikit natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH). Karena sebagian besar senyawa penyusun *soda lime* adalah  $\text{Ca(OH)}_2$ , maka pada percobaan ini akan dilakukan reaksi dekarboksilasi dengan mereaksikan minyak jarak pagar dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  berlebih. Penambahan senyawa  $\text{Ca(OH)}_2$  ini dimaksudkan agar terjadi reaksi saponifikasi antara minyak jarak dan  $\text{Ca(OH)}_2$ . Selanjutnya dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  yang berlebih, akan terjadi reaksi dekarboksilasi antara garam lemak yang dihasilkan dengan  $\text{Ca(OH)}_2$ . Hasil dari reaksi dekarboksilasi ini diharapkan berupa hidrokarbon rantai lurus setara fraksi *diesel* yang memiliki panjang rantai atom karbon antara C13 – C19.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana keefektivan reaksi dekarboksilasi antara minyak jarak pagar dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  berlebih sehingga dihasilkan produk hidrokarbon setara fraksi *diesel*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Mendapatkan produk hidrokarbon setara fraksi *diesel* hasil dekarboksilasi campuran minyak jarak pagar dan  $\text{Ca(OH)}_2$  dengan konversi dan yield setinggi-tingginya.
- 2) Menentukan variabel kondisi operasi optimum dalam reaksi dekarboksilasi campuran minyak jarak pagar dan  $\text{Ca(OH)}_2$ .

## 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan beberapa parameter berikut:

- 1) Bahan baku yang digunakan adalah minyak jarak pagar.
- 2) Senyawa basa yang ditambahkan adalah  $\text{Ca(OH)}_2$ .
- 3) Reaksi dilakukan pada tekanan atmosferik dan rentang temperatur antara 400-475 °C.
- 4) Reaksi dilakukan di dalam reaktor *batch* yang terbuat dari bahan *stainless steel* dengan panjang 30 cm dan diameter 3 cm.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1) BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

### 2) BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori-teori dan informasi yang melandasi dan mendukung penelitian. Seperti minyak jarak pagar sebagai bahan baku yang digunakan dalam penelitian, trigliserida sebagai senyawa yang menjadi sumber hidrokarbon,

proses saponifikasi, proses dekarboksilasi, dan *diesel* sebagai produk yang dihasilkan.

### 3) BAB 3 METODE PENELITIAN

Berisi tahap-tahap penelitian yang dilakukan. Seperti persiapan umpan, persiapan sarana reaktor untuk uji reaksi dekarboksilasi, prosedur uji reaksi dekarboksilasi dengan berbagai variasi dan analisis apa saja yang diperlukan pada hasil reaksi dekarboksilasi.

### 4) BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil-hasil penelitian seperti produk reaksi saponifikasi, produk reaksi dekarboksilasi serta pembahasannya yang meliputi analisa FTIR, analisa GC-FID dan analisa sifat fisik.

### 5) BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

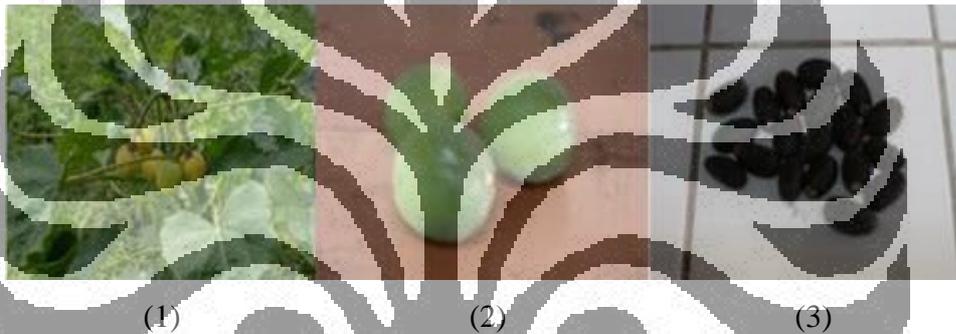
Berisi kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran untuk memperbaiki penelitian ini pada masa yang akan datang.



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Minyak Jarak Pagar

Jarak pagar (*Jatropha curcas Linnealis*) merupakan tumbuhan semak berkayu yang banyak ditemukan di daerah tropis (*Jarak Pagar, n.d.*). Jarak pagar dapat tumbuh dilahan kritis dan tidak membutuhkan perawatan. Tanaman jarak pagar menghasilkan biji yang terdiri 60% berat kernel (daging biji) dan 40% berat kulit. Inti biji (kernel) jarak pagar mengandung sekitar 40-50% minyak sehingga dapat diekstraksi menjadi minyak jarak pagar dengan cara mekanis ataupun ekstraksi dengan pelarut seperti pelarut heksana (Bambang, 2006).



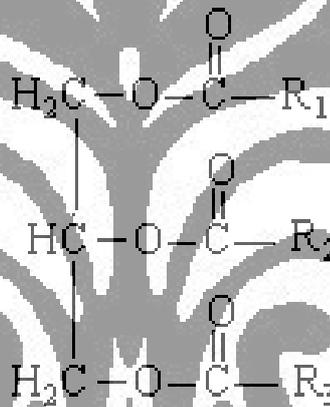
Gambar 2.1 Tanaman Jarak Pagar. (1) Pohon, (2) Buah dan (3) Biji  
(Tim Departemen Teknologi Pertanian, 2008)

Minyak jarak pagar berwarna kuning bening, memiliki bilangan iodin tinggi yang berarti kandungan minyak tak jenuhnya sangat tinggi, terutama terdiri atas asam oleat dan linoleat (Tim Departemen Teknologi Pertanian, 2008). Ikatan rangkap yang terkandung di dalamnya membuat minyak ini memiliki viskositas yang rendah (encer).

Struktur minyak jarak pagar sama dengan minyak nabati lainnya yaitu berupa trigliserida yang terdistribusi. Trigliserida merupakan suatu ester gliserol yang terdiri dari tiga asam lemak dan suatu gliserol (Ketaren, 1986). Struktur molekul trigliserida dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.2 Minyak Jarak Pagar  
(Tim Departemen Teknologi Pertanian, 2008)



Gambar 2.3 Struktur Molekul Trigliserida

$\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$ , dan  $\text{R}_3$  merupakan asam-asam lemak. Asam lemak tidak lain adalah asam alkanolat atau asam karboksilat berderajat tinggi (rantai C lebih dari 6). Karena berguna dalam mengenal ciri-cirinya, asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal di antara atom-atom karbon penyusunnya, sementara asam lemak tak jenuh memiliki paling sedikit satu ikatan ganda di antara atom-atom karbon penyusunnya.

Asam lemak merupakan asam lemah, dan dalam air terdisosiasi sebagian. Umumnya berfase cair atau padat pada suhu ruang ( $27^\circ$  Celsius). Semakin panjang rantai C penyusunnya, semakin mudah membeku dan juga semakin sukar larut.

Asam lemak jenuh bersifat lebih stabil (tidak mudah bereaksi) daripada asam lemak tak jenuh. Ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh mudah bereaksi dengan oksigen (mudah teroksidasi). Karena itu, dikenal istilah bilangan oksidasi bagi asam lemak.

Keberadaan ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh menjadikannya memiliki dua bentuk: cis dan trans. Semua asam lemak nabati alami hanya memiliki bentuk cis. Asam lemak bentuk trans (*trans fatty acid*) hanya diproduksi oleh sisa metabolisme hewan atau dibuat secara sintetis. Akibat polarisasi atom H, asam lemak cis memiliki rantai yang melengkung. Asam lemak trans karena atom H-nya berseberangan tidak mengalami efek polarisasi yang kuat dan rantainya tetap relatif lurus.

Ketengikan terjadi karena asam lemak pada suhu ruang dirombak akibat hidrolisis atau oksidasi menjadi hidrokarbon, alkanal, atau keton, serta sedikit epoksi dan alkohol (alkanol). Bau yang kurang sedap muncul akibat campuran dari berbagai produk ini (*Asam Lemak*, n.d.).

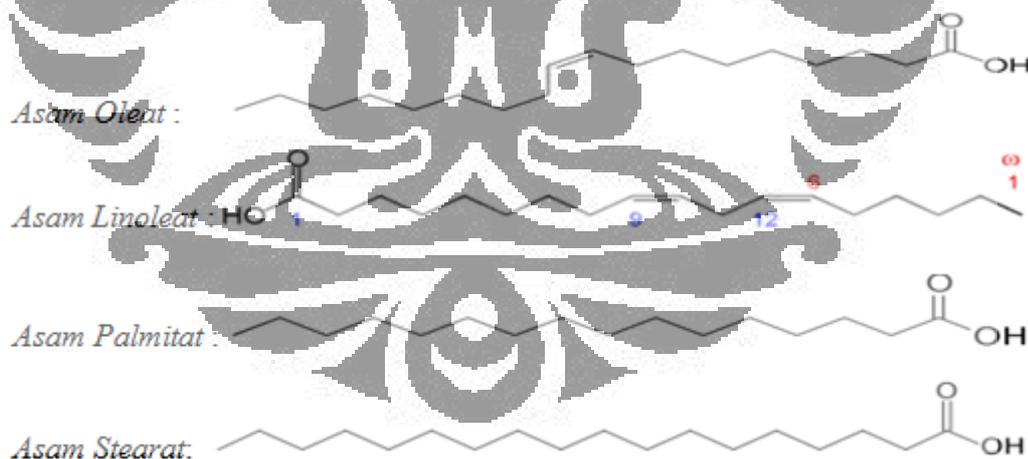
Panjang rantai asam lemak pada trigliserida yang terdapat secara alami dapat bervariasi, namun panjang yang paling umum adalah 16, 18, atau 20 atom karbon. Jika asam-asam lemak  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  merupakan tipe yang sama, trigliseridanya disebut trigliserida sederhana. Contohnya adalah trioleat yang terdiri dari asam oleat. Asam lemak yang terikat pada molekul trigliserida bisa saja berbeda ketiganya, atau dapat juga dua asam lemak yang sama dan satu lagi berbeda. Kombinasi dari asam lemak pembentuk suatu trigliserida akan menentukan sifat-sifat dari trigliserida tersebut.

Kandungan asam lemak dalam minyak jarak pagar secara keseluruhan mirip dengan minyak sawit hanya saja terdapat perbedaan komposisi. Asam lemak minyak jarak pagar lebih banyak terdiri dari asam lemak tak jenuh. Jumlah kandungan asam lemak penyusun minyak jarak pagar dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini:

Table 2.1 Kandungan Asam Lemak Penyusun Minyak Jarak Pagar

Asam lemak	Rumus Molekul	% Komposisi
Oleic (18:1)	$C_{18}H_{34}O_2$	44,7
Linoleic (18:2)	$C_{18}H_{32}O_2$	32,8
Palmitic (16:0)	$C_{16}H_{32}O_2$	14,2
Stearic (18:0)	$C_{18}H_{36}O_2$	7,0
Palmitoleic (16:1)	$C_{16}H_{30}O_2$	0,7
Linolenic (18:3)	$C_{18}H_{30}O_2$	0,2
Arachnidic (20:0)	$C_{20}H_{40}O_2$	0,2
Margaric (17:0)	$C_{17}H_{34}O_2$	0,1
Mirisdic (14:0)	$C_{14}H_{28}O_2$	0,1
Saturated		21,6
Monounsaturated		45,4
Polyunsaturated		33

(Akbar et al, 2009)



Gambar 2.4 Struktur Molekul Berbagai Asam Lemak Penyusun Trigliserida Minyak Jarak Pagar (en.wikipedia.org, n.d.)

Selain mengandung asam lemak yang terikat dalam trigliserida, minyak jarak pagar juga mengandung asam lemak bebas (*free fatty acid/FFA*). Emil Akbar dkk, menyebutkan bahwa jumlah asam lemak bebas yang terkandung

dalam minyak jarak pagar dalam basis asam oleat mencapai 2,23 % (Akbar et al, 2009).

## 2.2 Sifat Fisik dan Kimia Minyak Jarak Pagar

Minyak jarak pagar mempunyai keasaman yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan minyak sawit. Selain itu, densitasnya juga lebih besar. Sifat fisika dan kimia minyak jarak pagar dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Sifat Fisika dan Kimia Minyak Jarak Pagar

Parameter	Nilai
Flash point (°C)	240/110
Carbon residue	0,64
Cetane value	51,0
Distillation point (°C)	295
Kinematics Viscosity (cSt)	50,73
Sulphur %	0,13
Calorific value (kcal/kg)	9.470
Pour point (°C)	8 °C
Colour	4,0
Viscosity (cp) (30 °C)	52,6
Specific gravity (15 °C/4 °C)	0,917/ 0,923
Solidfying Point (°C)	2,0
Saponification Value	188-198
Iodine Value	90,8-112,5
Refractive Index (30°C)	1,47
Acid value	1,0-38,2

*(The chemical analysis of Jatropha curcas oil, n.d.)*

## 2.3 Senyawa Basa Ca(OH)<sub>2</sub>

Senyawa basa digunakan dalam reaksi saponifikasi untuk membentuk garam lemak. Selanjutnya dengan senyawa basa yang berlebih, garam lemak ini akan mengalami reaksi dekarboksilasi. Senyawa basa yang digunakan dalam penelitian ini adalah kalsium hidroksida. Kalsium hidroksida adalah senyawa kimia dengan rumus kimia Ca(OH)<sub>2</sub>. Kalsium hidroksida dapat berupa kristal tak berwarna atau bubuk putih. Kalsium hidroksida dihasilkan melalui reaksi kalsium

oksida (CaO) dengan air. Senyawa ini juga dapat dihasilkan dalam bentuk endapan melalui pencampuran larutan kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>) dengan larutan natrium hidroksida (NaOH). Kalsium hidroksida merupakan basa kuat, namun karena kelarutannya di dalam air kecil, maka larutan kalsium hidroksida termasuk basa lemah (*Calcium hydroxide*, n.d.).



Gambar 2.5 Kalsium Hidroksida

(*Calcium Hydroxide*, en.wikipedia.org, n.d.)

Kalsium hidroksida bereaksi hebat dengan karbon dioksida membentuk kalsium karbonat. Oleh karena itu suatu campuran gas dapat dideteksi keberadaan gas CO<sub>2</sub> dengan melewatkan campuran gas tersebut ke dalam larutan kalsium hidroksida. Larutan akan menjadi keruh apabila dalam campuran gas terdapat CO<sub>2</sub>, karena mengendapnya kalsium karbonat. Reaksi kalsium hidroksida dengan karbon dioksida seperti berikut ini (*Calcium Hydroxide*, www.answers.com, n.d.):



Sifat fisika dan kimia dari kalsium hidroksida dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Sifat Fisika dan Kimia Kalsium Hidroksida

\*Pada kondisi standar (25 °C, 100 kPa )

Nama IUPAC	Kalsium Hidroksida
Nama Lain	<i>hydrated lime, milk of lime, pickling lime, slaked lime</i>
Rumus Molekul	Ca(OH) <sub>2</sub>
Massa Molekul	74.093 g/mol

Bentuk	kristal tak berwarna atau bubuk putih
Densitas	2.211 g/cm <sup>3</sup>
Titik Leleh	512°C
Kelarutan dalam air	0.185g/100 cm <sup>3</sup>

(*Calcium Hydroxide*, en.wikipedia.org, n.d.)

## 2.4 Reaksi Saponifikasi

Reaksi saponifikasi adalah hidrolisis suatu ester dalam kondisi basa untuk membentuk alkohol dan garam dari suatu asam karboksilat. Reaksi saponifikasi pada umumnya mengacu pada reaksi antara logam alkali (basa) dengan suatu minyak atau lemak untuk membentuk sabun (*Saponification*, n.d.).

Mekanisme reaksinya didasarkan pada substitusi asil nukleofilik. Serangan dari anion hidroksil pada gugus karbonil ester memberikan suatu ortoester.



Gambar 2.6 Tahap 1 Reaksi Saponifikasi

(*Saponification*, n.d.)

Gugus karbonil kembali terbentuk dengan pembentukan dari suatu asam karboksilat dan alkoksida.



Gambar 2.7 Tahap 2 Reaksi Saponifikasi

(*Saponification*, n.d.)

Alkoksida ini kurang asam dibandingkan dengan asam karboksilat, dimana menentukan arah dari transfer proton pada tahap ketiga.

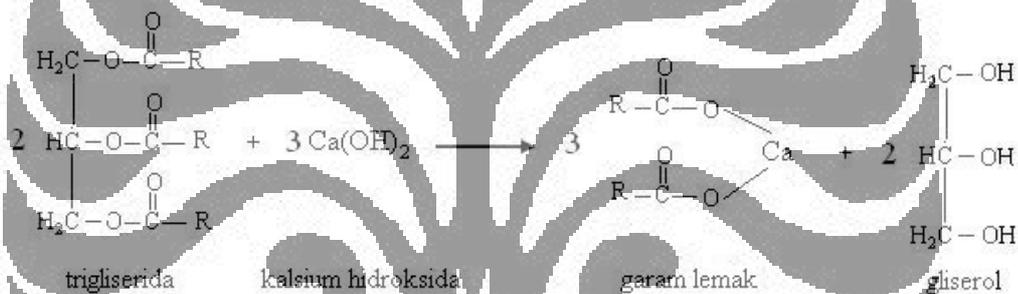


Gambar 2.8 Tahap 3 Reaksi Saponifikasi

(Saponification, n.d.)

## 2.5 Reaksi Saponifikasi Minyak Jarak Pagar dengan $Ca(OH)_2$

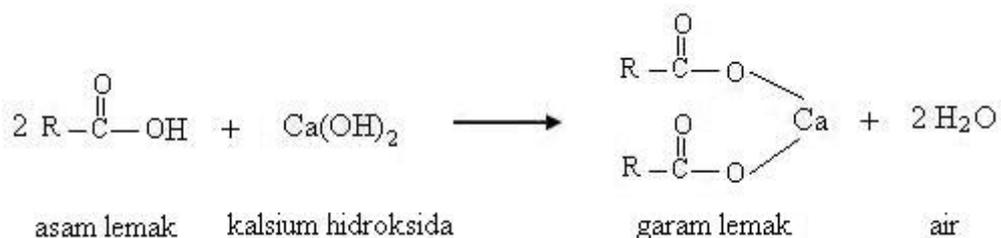
Dalam penelitian ini, akan direaksikan minyak jarak pagar yang senyawa penyusunnya berupa trigliserida, dengan basa kuat  $Ca(OH)_2$ . Reaksi saponifikasi ini bertujuan untuk membentuk sabun (garam lemak) yang digunakan sebagai umpan untuk reaksi dekarboksilasi. Reaksi saponifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Gambar 2.9 Reaksi Saponifikasi

Secara stoikiometrik, 2 mol trigliserida membutuhkan 3 mol kalsium hidroksida, menghasilkan 3 mol garam lemak (sabun) dan 2 mol gliserol.

Selain trigliserida, dalam minyak jarak juga terkandung sejumlah kecil asam lemak bebas (*free fatty acid*/FFA). Asam lemak bebas ini juga akan bereaksi dengan kalsium hidroksida menghasilkan garam kalsium dan air menurut reaksi berikut ini:



Gambar 2.10 Reaksi Asam Lemak dan Kalsium Hidroksida

Garam kalsium hasil reaksi ini juga digunakan sebagai umpan untuk reaksi dekarboksilasi.

## 2.6 Pembuatan Hidrokarbon Rantai Lurus dari Minyak Nabati

Pembuatan bahan bakar *diesel* dari minyak nabati sebagian besar telah dilakukan melalui reaksi transesterifikasi, namun dapat juga dilakukan melalui pirolisis dan atau reaksi deoksigenasi. Deoksigenasi minyak nabati berhubungan dengan pirolisis (*cracking*), dimana rantai hidrokarbon diputuskan dan oksigen dipisahkan. Deoksigenasi dilakukan dengan pemisahan secara selektif dari gugus karboksil.

Secara sederhana pembuatan hidrokarbon rantai lurus dari asam lemak diilustrasikan seperti dibawah ini:



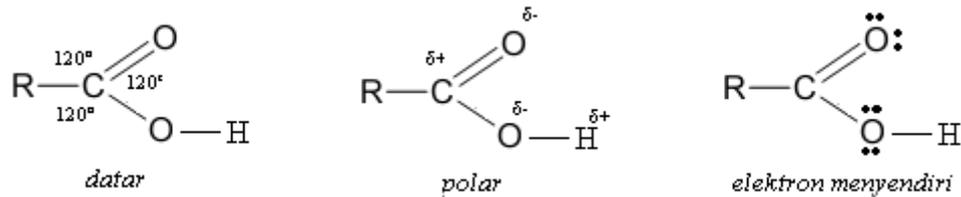
R = gugus alkil jenuh      R' = gugus alkil tak jenuh

Ada beberapa kemungkinan reaksi untuk pembuatan hidrokarbon rantai lurus. Asam lemak dapat secara langsung didekarboksilasi atau didekarbonilasi. Dekarboksilasi langsung memindahkan gugus karboksil dengan melepaskan karbon dioksida dan membentuk hidrokarbon parafin, sedangkan dekarbonilasi langsung membentuk hidrokarbon olefin melalui pelepasan karbon monoksida dan air (reaksi 1 dan 2). Asam lemak juga dapat dideoksigenasi dengan menambahkan hidrogen, melalui hidrogenasi langsung atau dekarbonilasi tidak langsung (reaksi 3 dan 4) (Snare, 2006).

## 2.7 Reaksi Dekarboksilasi

Asam karboksilat merupakan suatu senyawa organik yang mengandung gugus karboksil (-COOH). Gugus karboksil mengandung sebuah gugus karbonil (-CO-) dan sebuah gugus hidroksil (-OH), antar aksi dari kedua gugus ini

mengakibatkan suatu kereaktifan kimia yang unik untuk asam karboksilat. Struktur molekul asam karboksilat dapat dilihat pada gambar berikut:

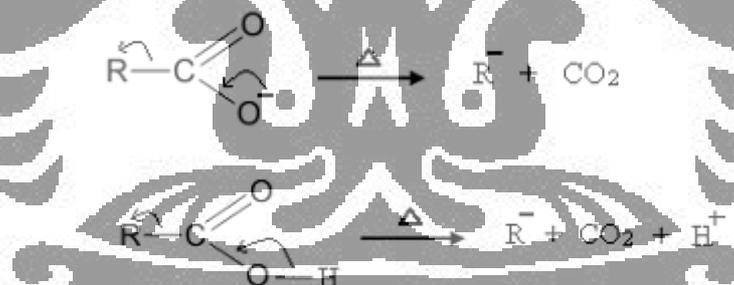


Gambar 2.11-Struktur Molekul Asam Karboksilat

(Fessenden dan Fessenden, 1989)

Asam-asam lemak merupakan suatu asam karboksilat.

Dekarboksilasi adalah penghilangan gugus karboksil ( $-\text{COO}^-$ ) dari suatu senyawa kimia dengan menghasilkan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Dekarboksilasi dapat dilakukan secara termal, fotokimia, ataupun secara katalitik dengan bantuan katalis. Baik asam rantai terbuka maupun aromatik dapat mengalami reaksi dekarboksilasi. Sebagai contoh adalah reaksi di bawah ini:



Gambar 2.12 Mekanisme Reaksi Dekarboksilasi

(Bansal, 1978)

Asam terdekomposisi baik dalam bentuk anionnya maupun dalam bentuk asam bebasnya.

### 2.7.1 Reaksi Dekarboksilasi Menggunakan *Soda Lime*

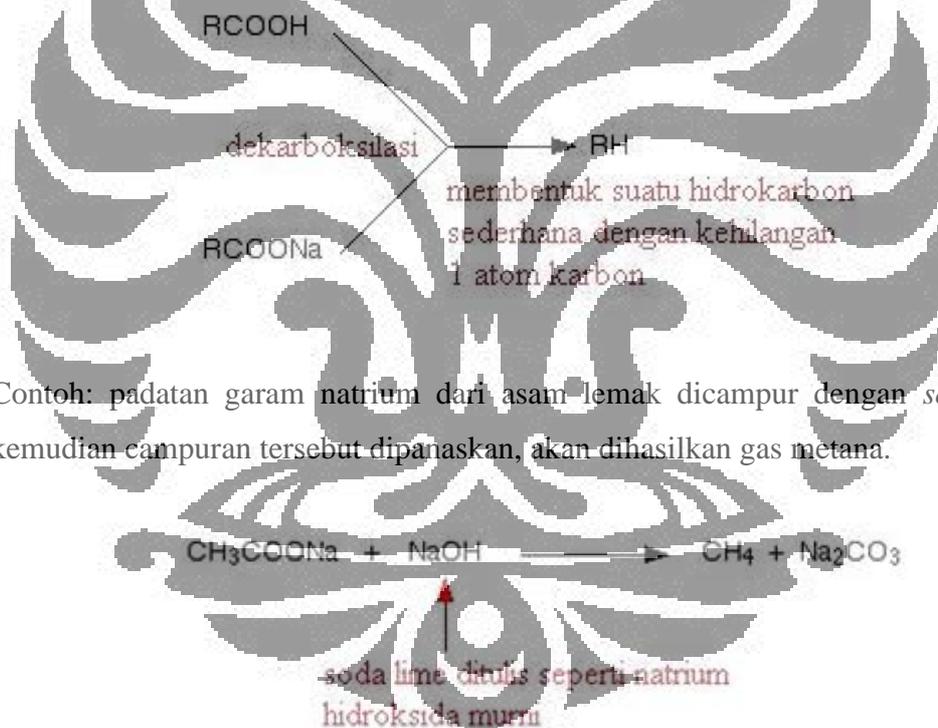
*Soda lime* adalah campuran dari beberapa bahan kimia yang biasa digunakan di dalam lingkungan pernafasan tertutup seperti pembiusan umum dan kapal selam untuk menghilangkan karbon dioksida dari gas pernafasan untuk mencegah terjadinya keracunan gas tersebut. *Soda lime* dibuat dengan

mencampurkan kalsium hidroksida ke dalam larutan natrium hidroksida yang terkonsentrasi dan kemudian memanaskannya sehingga terbentuk butir/bubuk putih.

Komponen utama penyusun soda lime adalah:

- Kalsium hidroksida,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (sekitar 75%)
- Natrium hidroksida,  $\text{NaOH}$  (sekitar 3%)
- Kalium hidroksida,  $\text{KOH}$  (sekitar 1%)
- Air,  $\text{H}_2\text{O}$  (sekitar 20%) (*Soda Lime*, 2009).

Dalam dekarboksilasi menggunakan *soda lime*, gugus  $-\text{COOH}$  dari asam karboksilat maupun gugus  $-\text{COONa}$  dari garam asam karboksilat dihilangkan dan diganti dengan atom hidrogen.



Reaksi ini juga dapat dilakukan untuk asam karboksilat, namun asam karboksilat tersebut harus dalam bentuk padatan. Sebagai contoh, benzena dapat dibuat dengan mereaksikan *soda lime* dengan padatan asam benzoat.



Reaksi di atas dapat dibayangkan menjadi dua tahap reaksi. Pertama adalah reaksi antara asam benzoat dengan soda lime untuk menghasilkan natrium benzoat. Dan tahap selanjutnya adalah reaksi dekarboksilasi antara natrium benzoat dengan soda lime untuk membentuk benzena (*The Decarboxylation of Carboxylic Acids and Their Salts*, n.d.).

### 2.7.2 Reaksi Dekarboksilasi Menggunakan Kalsium Hidroksida

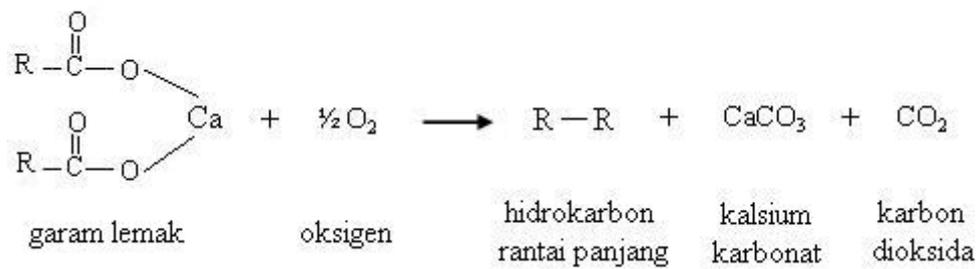
Penyusun utama *soda lime* adalah kalsium hidroksida. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan uji reaksi dekarboksilasi menggunakan kalsium hidroksida tanpa ada campuran dengan natrium hidroksida maupun kalium hidroksida. Sebagai umpan reaksi ini adalah garam lemak (sabun) hasil reaksi saponifikasi minyak jarak pagar dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Selanjutnya garam lemak tersebut akan mengalami reaksi dekarboksilasi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang dibuat berlebih. Dalam reaksi dekarboksilasi ini akan dihasilkan hidrokarbon rantai lurus dengan panjang atom karbon antara C13 – C19 yang merupakan fraksi diesel.

Reaksi dekarboksilasi yang terjadi adalah:



Gambar 2.13 Reaksi Dekarboksilasi

Reaksi dekarboksilasi ini dilakukan di dalam reaktor tanpa keberadaan oksigen ( $\text{O}_2$ ). Oleh karena itu, sebelum terjadinya reaksi, ke dalam reaktor dialirkan gas nitrogen untuk menghilangkan udara dari dalam reaktor. Gas nitrogen merupakan gas yang sukar bereaksi (*inert*) sehingga tidak akan mengganggu jalannya reaksi dekarboksilasi. Jika di dalam reaktor terdapat oksigen, dimungkinkan akan terjadi reaksi yang tidak diharapkan yaitu terbentuknya hidrokarbon rantai panjang akibat bergabungnya dua alkil dari garam lemak seperti ditunjukkan dalam reaksinya berikut ini:



Gambar 2.14 Reaksi Garam Lemak dengan Oksigen

## 2.8 Solar

Minyak solar adalah suatu produk distilasi minyak bumi yang khusus digunakan untuk bahan bakar mesin *compression ignition*, yaitu udara yang dikompresi menimbulkan tekanan dan panas yang tinggi sehingga membakar solar yang disemprotkan *injektor*. Minyak solar berasal dari fraksi gasoil, yang merupakan fraksi minyak bumi dengan kisaran titik didih antara 250 °C sampai 370 °C yang disebut juga sebagai *middle distillat*. Dari rentang titik didih tersebut, maka gasoline ini terdiri dari senyawa hidrokarbon C<sub>14</sub>-C<sub>20</sub>. Selain senyawa hidrokarbon, terdapat juga senyawa non hidrokarbon terdiri dari senyawa yang mengandung unsur non logam seperti sulfur, nitrogen, dan oksigen serta unsur logam seperti vanadium, nikel dan besi.

### 2.8.1 Karakteristik Solar

Syarat umum yang harus dipenuhi oleh bahan bakar minyak solar adalah harus dapat menyala dan terbakar sesuai dengan kondisi ruang bakar. Minyak solar sebagai bahan bakar memiliki karakteristik yang dipengaruhi oleh sifat-sifat seperti *cetane number (CN)*, nilai panas, titik anilin, kandungan sulfur, *cloud point* dan *pour point*.

#### *Cetane Number*

*Cetane number* (angka setana) menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin *diesel* yang diinjeksikan ke ruang bakar bisa terbakar secara spontan (setelah bercampur dengan udara). Angka setana pada bahan bakar mesin *diesel* memiliki pengertian yang berkebalikan dengan angka oktan pada bahan bakar mesin bensin, karena angka oktan menunjukkan kemampuan campuran bensin-

udara menunggu rambatan api dari busi (*spark ignition*). Angka setana yang tinggi menunjukkan bahwa minyak solar dapat menyala pada temperatur yang relatif rendah dan sebaliknya angka setana yang rendah menunjukkan minyak solar baru dapat menyala pada temperatur yang relatif tinggi (Surono dan Batti, 1980).

Cara pengukuran angka setana yang umum digunakan, seperti standar dari ASTM D613 atau ISO 5165, adalah menggunakan heksadekana ( $C_{16}H_{34}$ , yang memiliki nama lain setana) sebagai patokan tertinggi (angka setana, CN = 100), dan 2,2,4,4,6,8,8 heptamethylnonane (HMN yang juga memiliki komposisi  $C_{16}H_{34}$ ) sebagai patokan terendah (CN = 15). Dari standar tersebut bisa dilihat bahwa hidrokarbon dengan rantai lurus (*straight chain*) lebih mudah terbakar dibandingkan dengan hidrokarbon yang memiliki banyak cabang (*branch*). Angka setana berkorelasi dengan tingkat kemudahan penyalaan pada temperatur rendah (*cold start*) dan rendahnya kebisingan pada kondisi *idle*. Angka setana yang tinggi juga diketahui berhubungan dengan rendahnya polutan Nox (*Mengenal Biodiesel*, n.d.).

### Nilai Panas

Nilai panas dari suatu bahan bakar adalah jumlah panas yang dilepaskan bahan bakar tersebut ketika dibakar dalam jumlah tertentu (*Heat of Combustion*, n.d.). Secara kasar nilai panas suatu bahan bakar dapat diperkirakan dari berat jenis yang bersangkutan:

- berat jenis pada 15 °C: 0,85; 0,87; 0,89; 0,91; 0,93
- nilai panas kotor (kcal/kg): 10.900; 10.800; 10.700; 10.600; 10.500

Menurut spesifikasi, minyak solar di Indonesia mempunyai berat jenis antara 0,80 – 0,87 pada 60 F, dengan demikian dapat diperkirakan mempunyai berat jenis kotor minimal 10.800 kcal/kg (Ahadiat, 1998).

### Viskositas

Viskositas merupakan sifat intrinsik fluida yang menunjukkan resistensi fluida terhadap aliran. viskositas fluida berpengaruh langsung terhadap besarnya penurunan tekanan yang dialami oleh fluida tersebut. fluida dengan viskositas

tinggi lebih sulit untuk dialirkan dibandingkan dengan fluida dengan viskositas rendah.

Kecepatan alir bahan bakar melalui injektor akan mempengaruhi derajat atomisasi bahan bakar di dalam ruang bakar. Viskositas minyak solar yang terlalu tinggi mengakibatkan atomisasi bahan bakar kurang sempurna yang akan menghasilkan pembakaran tidak sempurna sehingga menaikkan emisi CO dan HC dalam gas buang. Viskositas minyak Solar yang terlalu rendah akan mengakibatkan penetrasi bahan bakar ke dalam silinder kurang baik sehingga menurunkan tenaga dan efisiensi mesin disamping akan menurunkan sifat lubrisitas bahan bakar yang dapat berakibat keausan komponen sistim bahan bakar. Selain itu, viskositas bahan bakar juga berpengaruh secara langsung terhadap kemampuan bahan bakar tersebut bercampur dengan udara (Wibowo, 2008).

#### ***Cloud Point dan Pour Point***

*Cloud point* adalah temperatur pada saat bahan bakar mulai tampak "berawan" (*cloudy*). Hal ini timbul karena munculnya kristal-kristal (padatan) di dalam bahan bakar. Meski bahan bakar masih bisa mengalir pada titik ini, keberadaan kristal di dalam bahan bakar bisa mempengaruhi kelancaran aliran bahan bakar di dalam filter, pompa, dan injektor. Sedangkan *pour point* adalah temperatur terendah yang masih memungkinkan terjadinya aliran bahan bakar; di bawah *pour point* bahan bakar tidak lagi bisa mengalir karena terbentuknya kristal/gel yang menyumbat aliran bahan bakar. Dilihat dari definisinya, *cloud point* terjadi pada temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan *pour point* (Mengenal Biodiesel, n.d.).

### **2.8.2 Spesifikasi Solar Indonesia**

Tabel 2.4 menyajikan spesifikasi solar/diesel sesuai SK Dirjen Migas No. 3675K/24/DJM/2006.

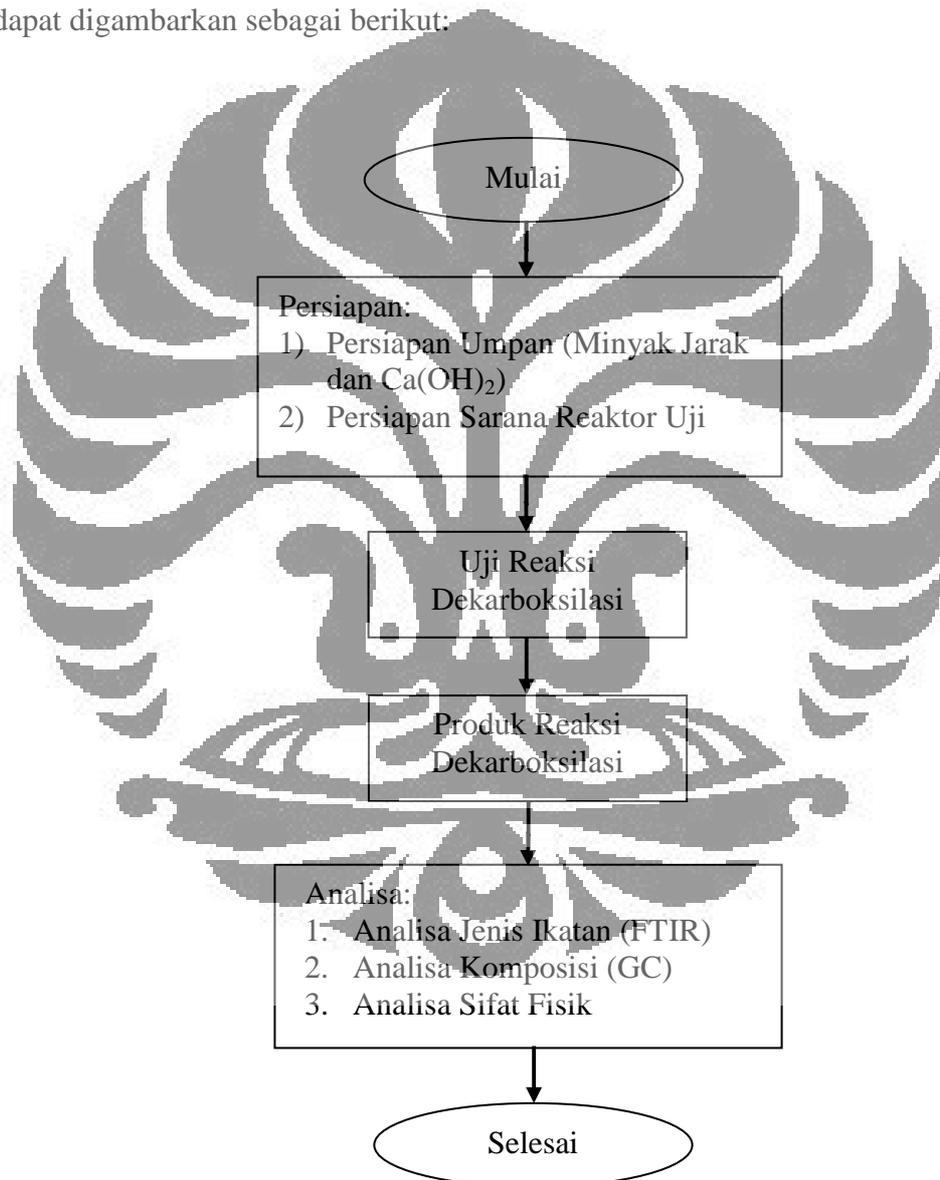
Table 2.4 Spesifikasi Solar Sesuai SK Dirjen Migas No. 3675K/24/DJM/2006

No.	Karakteristik	Unit	Super	Reguler
1	Berat jenis pada suhu 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	820-860	815-870
2	Viskositas kinematik pada suhu 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2.0-4.5	2.0-5.0
3	Angka setana / indeks		≥51/48	≥48-45
4	Titik nyala 40 °C	°C	≥55	≥60
5	Titik tuang	°C	≤18	≤18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		≤kelas 1	≤kelas 1
7	Residu karbon	% massa	≤0.30	≤30
8	Kandungan air	mg/kg	≤500	≤50
9	T90/95	°C	≤340/360	<370
10	Stabilitas oksidasi	g/m <sup>3</sup>	≤25	-
11	Sulfur	%m/m	≤0.05	≤0.35
12	Bilangan asam total	mg-KOH/g	≤0.3	≤0.6
13	Kandungan abu	%m/m	≤0.01	≤0.01
14	Kandungan sedimen	>%m/m	≤0.01	≤0.01
15	Kandungan FAME	%m/m	≤10	≤10
16	Kandungan metanol dan etanol	% v/v	Tak terditeksi	Tak terditeksi
17	Partikulat	mg/l	≤10	-

(Biodiesel, 2007)

### BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab metode penelitian ini menyajikan prosedur penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan senyawa hidrokarbon setara fraksi *diesel*, melalui reaksi dekarboksilasi minyak jarak pagar dengan penambahan kalsium hidroksida. Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Dasar Proses Kimia, Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia, Depok. Rencana diagram alir penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Rencana Penelitian

### 3.1 Persiapan Umpan

Umpan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah minyak jarak pagar dan  $\text{Ca(OH)}_2$ . Minyak jarak pagar dan  $\text{Ca(OH)}_2$ , setelah ditimbang kemudian dicampurkan dan diaduk hingga homogen di dalam *beaker glass*. Pencampuran ini dimaksudkan untuk memaksimalkan kontak antara kedua zat tersebut, sehingga reaksi dapat berlangsung optimal. Campuran inilah yang akan diumpankan ke dalam reaktor untuk terjadinya reaksi saponifikasi dan reaksi dekarboksilasi.

Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa variasi umpan untuk mendapatkan kondisi yang optimum untuk menghasilkan *yield* yang tinggi. Variasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Variasi Umpan (Campuran Minyak Jarak dan  $\text{Ca(OH)}_2$ )

Umpan	Variasi	Rasio berat minyak dengan $\text{Ca(OH)}_2$
A	Stoikiometrik	3,92
B	Excess $\text{Ca(OH)}_2$ 50% mol	2,61
C	Excess $\text{Ca(OH)}_2$ 100% mol	1,96
D	Excess $\text{Ca(OH)}_2$ 150% mol	1,57
E	Excess $\text{Ca(OH)}_2$ 200% mol	1,31

Perhitungan di atas dilakukan dengan asumsi berat molekul minyak jarak sebesar 870,8 gram/mol dan berat molekul  $\text{Ca(OH)}_2$  sebesar 74 gram/mol.

Peralatan yang dibutuhkan adalah:

- timbangan
- spatula
- cawan
- beaker glass 200 ml
- *Syringe* 10 ml

### 3.2 Persiapan Sarana Reaktor untuk Uji Reaksi Dekarboksilasi

Alat dan bahan yang digunakan dalam uji reaksi dekarboksilasi adalah:

- 1) Reaktor

- 2) Pemanas/*furnace*
- 3) Tabung reaksi
- 4) Glass beaker 200 ml
- 5) Selang silicon
- 6) Gas nitrogen

Reaktor yang digunakan terbuat dari *stainless steel* SS-316 dengan ukuran diameter 3 cm dan panjang 30 cm. Sedangkan pemanas yang digunakan berupa pemanas listrik dengan daya maksimum 800 watt. Untuk mengetahui temperatur sistem reaksi, maka ditempatkan termokopel pada bagian tengah pemanas.



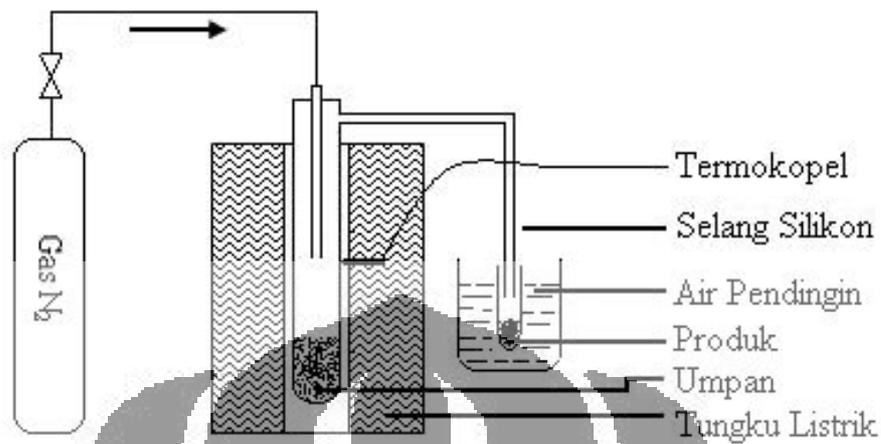
Gambar 3.2 Reaktor yang Digunakan untuk Uji Reaksi Dekarboksilasi

Prosedur penyusunan reaktor adalah sebagai berikut:

- 1) Mengisi reaktor dengan umpan (campuran minyak jarak pagar dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )
- 2) Menutup reaktor dan kencangkan baut-bautnya.
- 3) Memasang reaktor ke sistem atau pada tempatnya.
- 4) Menyambungkan pipa nitrogen ke reaktor.
- 5) Memasang selang silikon sebagai tempat keluarnya produk.
- 6) Memasang tabung reaksi sebagai wadah untuk menampung produk cair reaksi.

Untuk lebih jelasnya skema susunan reaktor dapat dilihat pada gambar berikut:

## Susunan Reaktor



Gambar 3.3 Skema Susunan Reaktor

### 3.3 Percobaan Uji Reaksi Dekarboksilasi

Dalam uji reaksi dekarboksilasi ini, selain variasi umpan dilakukan juga variasi temperatur yaitu temperatur reaksi saponifikasi (T1) dan temperatur reaksi dekarboksilasi (T2). Variasi temperatur dilakukan untuk mengetahui kondisi operasi yang optimum untuk menghasilkan *yield* yang tinggi. Variasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- temperatur reaksi saponifikasi (T1) : 100, 150 dan 200 °C
- temperatur reaksi dekarboksilasi (T2) : 400, 425, 450 dan 475 °C

#### 3.3.1 Prosedur Percobaan Reaksi Dekarboksilasi untuk Variasi Umpan

Prosedur percobaan reaksi dekarboksilasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Mengisi reaktor dengan umpan stoikiometrik.
- 2) Menyusun reaktor seperti pada prosedur penyusunan reaktor langkah 2 – 6.
- 3) Mengalirkan gas nitrogen ke dalam sistem reaktor pada tekanan 1,0 kgf/cm<sup>2</sup>.
- 4) Set suhu reaktor pada 200°C dan ditahan selama 20 menit untuk terjadinya reaksi saponifikasi (T1).
- 5) Set suhu reaktor pada 450°C dan ditahan selama 90 menit untuk terjadinya reaksi dekarboksilasi (T2).

- 6) Produk reaksi ditampung menggunakan tabung reaksi. Untuk menyempurnakan penampungan produk yang berupa fasa cair, wadah dicelupkan di dalam bak penampung air.
- 7) Produk cair yang tertampung kemudian ditimbang dan dihitung konversinya.
- 8) Mengalirkan gas nitrogen ke dalam sistem reaktor pada tekanan 2,5 kgf/cm<sup>2</sup> untuk membersihkan reaktor.
- 9) Mengulang prosedur 1 – 5 dengan umpan yang berbeda-beda (excess Ca(OH)<sub>2</sub> 50 %, 100%, 150% dan 200%).

### **3.3.2 Prosedur Percobaan Reaksi Dekarboksilasi untuk Variasi Temperatur Saponifikasi**

Prosedur percobaan reaksi dekarboksilasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Mengisi reaktor dengan umpan excess Ca(OH)<sub>2</sub> 100%.
- 2) Menyusun reaktor seperti pada prosedur penyusunan reaktor langkah 2 – 6.
- 3) Mengalirkan gas nitrogen ke dalam sistem reaktor pada tekanan 1,0 kgf/cm<sup>2</sup>.
- 4) Set suhu reaktor pada 100°C dan ditahan selama 20 menit untuk terjadinya reaksi saponifikasi (T1).
- 5) Set suhu reaktor pada 450°C dan ditahan selama 90 menit untuk terjadinya reaksi dekarboksilasi (T2).
- 6) Produk reaksi ditampung pada bagian bawah reaktor dengan menggunakan tabung reaksi. Untuk menyempurnakan penampungan produk yang berupa fasa cair, wadah dicelupkan di dalam bak penampung air.
- 7) Produk cair yang tertampung kemudian ditimbang dan dihitung konversinya.
- 8) Mengalirkan gas nitrogen ke dalam sistem reaktor pada tekanan 2,5 kgf/cm<sup>2</sup> untuk membersihkan reaktor.
- 9) Mengulang prosedur 1 – 5 dengan temperatur saponifikasi (T1) yang berbeda-beda (150°C dan 200°C).

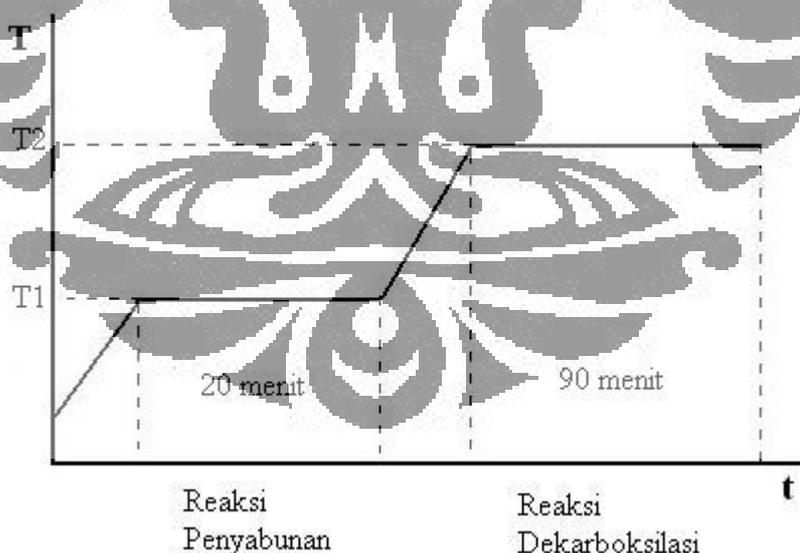
### **3.3.3 Prosedur Percobaan Reaksi Dekarboksilasi untuk Variasi Temperatur Dekarboksilasi**

Prosedur percobaan reaksi dekarboksilasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Mengisi reaktor dengan umpan excess Ca(OH)<sub>2</sub> 100%.

- 2) Menyusun reaktor seperti pada prosedur penyusunan reaktor langkah 2 – 6.
- 3) Mengalirkan gas nitrogen ke dalam sistem reaktor pada tekanan  $1,0 \text{ kgf/cm}^2$ .
- 4) Set suhu reaktor pada  $200^\circ\text{C}$  dan ditahan selama 20 menit untuk terjadinya reaksi saponifikasi (T1).
- 5) Set suhu reaktor pada  $400^\circ\text{C}$  dan ditahan selama 90 menit untuk terjadinya reaksi dekarboksilasi (T2).
- 6) Produk reaksi ditampung pada bagian bawah reaktor dengan menggunakan tabung reaksi. Untuk menyempurnakan penampungan produk yang berupa fasa cair, wadah dicelupkan di dalam bak penampung air.
- 7) Produk cair yang tertampung kemudian ditimbang dan dihitung konversinya.
- 8) Mengalirkan gas nitrogen ke dalam sistem reaktor pada tekanan  $2,5 \text{ kgf/cm}^2$  untuk membersihkan reaktor.
- 9) Mengulang prosedur 1 – 5 dengan temperatur dekarboksilasi (T2) yang berbeda-beda ( $425^\circ\text{C}$ ,  $450^\circ\text{C}$  dan  $475^\circ\text{C}$ ).

Secara ringkas jalannya reaksi dapat dijelaskan melalui gambar berikut:



Gambar 3.4 Profil Temperatur Reaksi

Konversi minyak jarak dan *yield* fraksi *diesel* dihitung berdasarkan % berat sebagai berikut:

$$\text{konversi} = \frac{\text{minyak jarak umpan} - \text{minyak jarak sisa}}{\text{minyak jarak umpan}} \times 100\%$$

$$\text{yield} = \frac{\text{fraksi diesel}}{\text{minyak jarak umpan}} \times 100\%$$



Gambar 3.5. Sistem Reaktor

### 3.4 Analisis Produk Hasil Reaksi

Pada tahap ini akan dilakukan berbagai analisis terhadap hasil reaksi dekarboksilasi yang telah dilakukan. Analisis tersebut meliputi:

#### 3.4.1 Analisis GC-FID

Secara umum, kromatografi digunakan untuk memisahkan suatu campuran kimia menjadi komponen-komponen penyusunnya. Sekali terpisah, komponen-komponen tersebut dapat dievaluasi secara individu. Dalam semua kromatografi, pemisahan terjadi ketika sampel campuran diinjeksikan ke dalam Fasa Bergerak. Dalam *gas chromatography* (GC), Fasa Bergerak berupa suatu gas inert seperti helium (*Gas Chromatography*, 1998).

Dalam penelitian ini akan digunakan GC jenis FID. *Flame Ionization Detector* (FID) adalah detector GC yang paling populer. Salah satunya adalah karena mudah digunakan. FID merupakan detektor terbaik untuk mendeteksi hidrokarbon dan komponen lain yang mudah terbakar. (*The flame ionization detector*, n.d.)



Gambar 3.6 Instrumentasi GC-FID  
(GC-FID, n.d.)

### 3.4.2 Analisis FTIR

Analisis ini dilakukan untuk melihat dengan jelas ikatan-ikatan apa saja yang dimiliki oleh sampel yang dihasilkan dari proses reaksi dekarboksilasi. Prosedur analisis FTIR adalah sebagai berikut:

1. Aktifkan *software winfirst*, dan lakukan *scanning* pada keadaan FTIR belum terisi sampel.
2. Oleskan sampel yang akan diuji pada wadah kaca di dalam FTIR.
3. Lakukan *scanning* sampel menggunakan *software*.
4. Hasil *scanning* dapat dilihat pada tampilan layar komputer.

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui tingkat reaksi dekarboksilasi yang terjadi, yang dapat dilihat dari jumlah ikatan ester (gugus karboksil) yang terlepas dari kerangka ikatan.



Gambar 3.7 Instrumentasi FTIR  
(FTIR, 2007)

### 3.4.3 Analisis Sifat Fisik

Analisis ini dilakukan dengan mengukur beberapa parameter berikut:

#### 1. Densitas

Alat yang digunakan untuk mengukur densitas adalah piknometer. Piknometer berbentuk seperti botol kaca yang memiliki volume tertentu. Prosedur pengukuran densitas adalah sebagai berikut:

- 1) Piknometer kosong ditimbang dan beratnya dicatat.
- 2) Piknometer kemudian diisi dengan cairan yang akan diukur densitasnya sampai penuh. Volume cairan ini akan sama dengan volume piknometer.
- 3) Piknometer ditimbang kembali. Selisih berat piknometer penuh ini dengan piknometer kosong merupakan berat cairan.
- 4) Densitas dihitung berdasarkan rumus berikut:

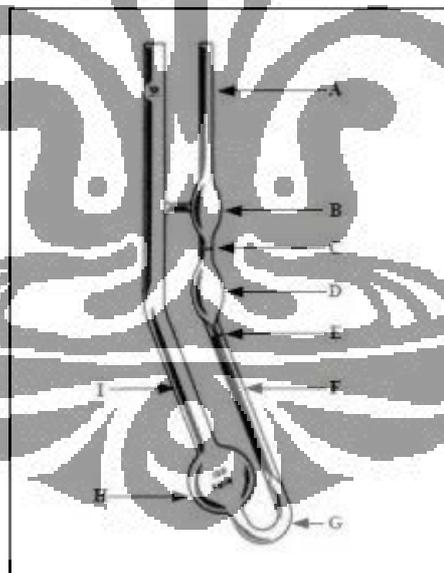
$$\text{densitas (gr/ml)} = \frac{\text{berat cairan (gr)}}{\text{volume cairan (ml)}}$$



Gambar 3.8 Piknometer

## 2. Viskositas

Pada penelitian ini, viskositas diukur menggunakan viskometer Cannon Fenske.



Gambar 3.9 Viscometer Cannon Fenske

Pengukuran viskositas ini dilakukan pada temperatur 40 °C. Prosedur pengukuran viskositas dapat dijelaskan seperti berikut ini:

- 1) Pastikan viskometer berada dalam keadaan kering dan bersih.
- 2) Cairan yang akan diukur viskositasnya dimasukkan ke dalam viskometer sampai ketinggiannya mencapai  $\frac{3}{4}$  dari bola H.

- 3) Viskometer ditempatkan ke dalam gelas beaker yang berisi air, kemudian dipanaskan pada temperatur 40 °C. Tunggu beberapa menit sampai temperatur cairan di dalam viskometer mencapai kesetimbangan (40 °C).
- 4) Hisap ujung tabung A sehingga cairan naik sampai pertengahan bola B.
- 5) Biarkan cairan turun. Catat waktu yang diperlukan oleh cairan untuk melewati garis C sampai ke garis E.
- 6) Viskositas dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$\text{kinematic viscosity (cSt)} = t \times C$$

$$\text{dynamic viscosity (cP)} = \text{kinematic viscosity (cSt)} \times \text{density (g/cm}^3\text{)}$$

dengan : t = waktu yang diperlukan oleh cairan untuk melewati garis C sampai ke garis E

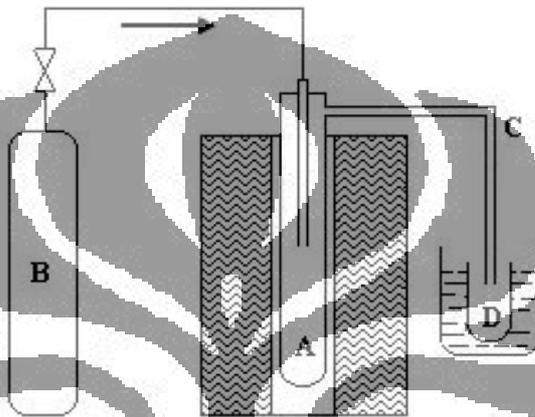
C = konstanta viskometer

Dalam penelitian ini viskometer yang digunakan memiliki konstanta viskometer sebesar 0,0943 cSt/detik.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Produk Reaksi Dekarboksilasi

Reaksi dekarboksilasi dilakukan di dalam reaktor yang disusun seperti gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Skema Reaktor

Umpan yang berupa campuran minyak jarak pagar dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ditempatkan di dasar reaktor (A). Gas nitrogen (B) kemudian dialirkan ke dalam reaktor untuk mengeluarkan udara luar yang mengandung oksigen dari dalam reaktor. Reaktor kemudian dipanaskan menggunakan pemanas elektrik sampai temperatur  $100 - 200^\circ\text{C}$  dan dijaga selama 20 menit untuk terjadinya reaksi saponifikasi. Kemudian temperatur dinaikkan sampai temperatur  $400 - 475^\circ\text{C}$  dan dijaga selama 90 menit untuk terjadinya reaksi dekarboksilasi. Produk reaksi dekarboksilasi yang berupa gas, keluar melalui selang silikon (C). Di dalam selang silikon ini, gas hasil reaksi ini mengembun membentuk fasa cair. Produk cair ini ditampung di dalam tabung reaksi (D) dan kemudian ditimbang.

Tidak semua gas hasil reaksi dapat terkondensasi. Terbukti ketika gas nitrogen dialirkan untuk membersihkan reaktor, dari reaktor ini keluar gas berwarna putih dengan jumlah yang cukup banyak. Gas ini memiliki bau yang sama dengan produk cair. Karena produk cair diperoleh dari gas hasil reaksi yang terkondensasi, kemungkinan besar komposisi gas hasil reaksi ini hampir sama dengan komposisi produk cair yang berupa senyawa hidrokarbon.

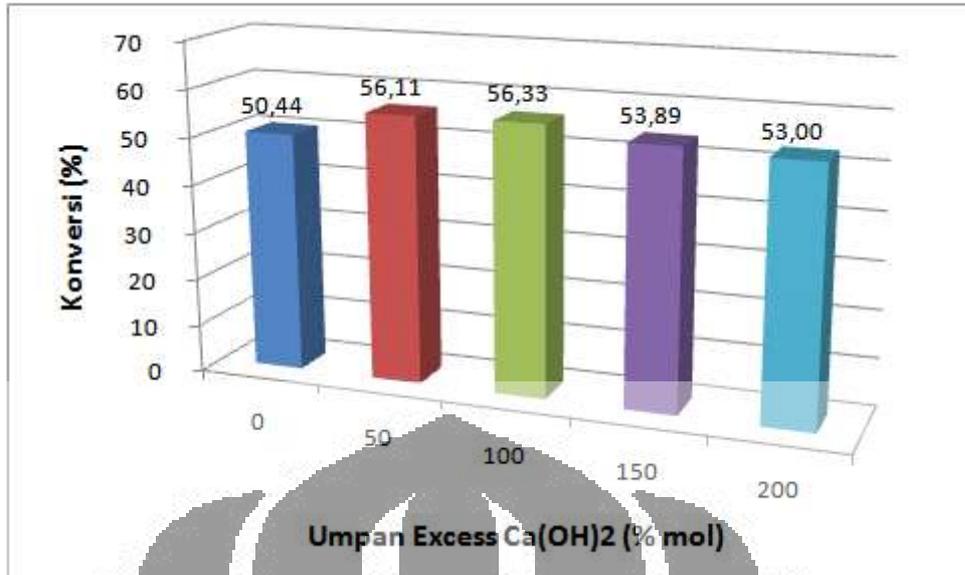
Produk cair yang dihasilkan dari reaksi dekarboksilasi ini berwarna kuning agak kecokelatan dengan komposisi berupa minyak (hidrokarbon) dan sedikit kandungan air dan gliserol. Air dan gliserol dapat dibedakan dari hidrokarbon karena keduanya tidak larut dalam hidrokarbon. Air dan gliserol berada di bagian bawah botol karena memiliki densitas yang lebih besar daripada densitas hidrokarbon. Air berwarna bening sedangkan gliserol berwarna putih. Keberadaan air dan gliserol ini dapat diprediksi karena reaksi yang terjadi menghasilkan air dan gliserol seperti telah ditunjukkan pada gambar 2.9 dan 2.10.



Gambar 4.2 Produk Cair Reaksi Dekarboksilasi

#### 4.2 Produk Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Komposisi Umpan

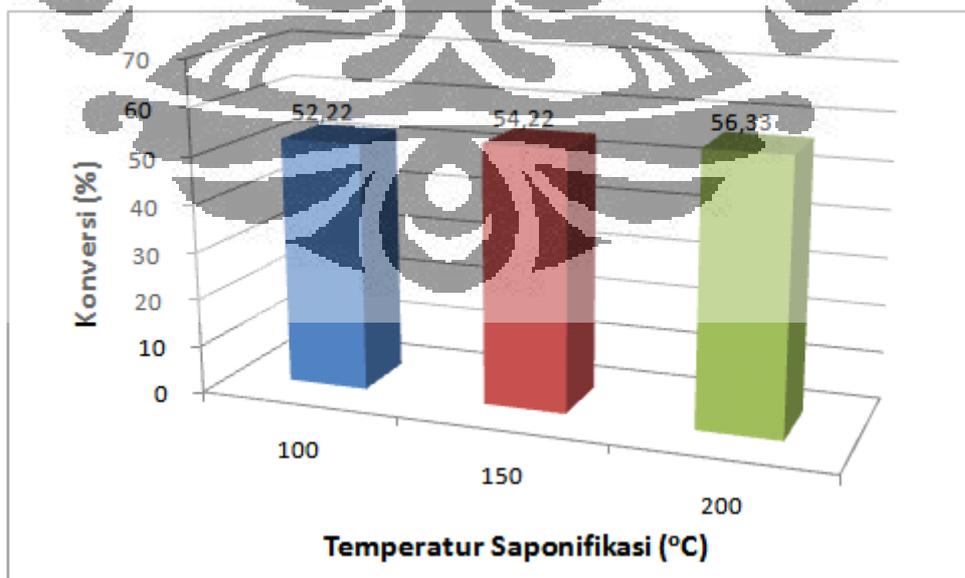
Gambar 4.3 menunjukkan pengaruh komposisi umpan terhadap % konversi produk reaksi dekarboksilasi. Dalam variasi ini, temperatur reaksi saponifikasi dan temperatur reaksi dekarboksilasi dibuat tetap, yaitu 200°C untuk reaksi saponifikasi dan 450°C untuk reaksi dekarboksilasi. Berdasarkan gambar 4.3, penambahan  $\text{Ca(OH)}_2$  pada umpan meningkatkan konversi sampai excess  $\text{Ca(OH)}_2$  100% mol. Namun, penambahan  $\text{Ca(OH)}_2$  lebih lanjut ternyata menurunkan konversi. Pengaruh komposisi umpan ini ternyata kurang begitu signifikan karena konversi yang diperoleh tidak berbeda jauh. Komposisi umpan terbaik adalah excess  $\text{Ca(OH)}_2$  100% mol yang memberikan konversi sebesar 56,33%.



Gambar 4.3 Pengaruh Komposisi Umpan terhadap Konversi

#### 4.3 Produk Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Temperatur Saponifikasi

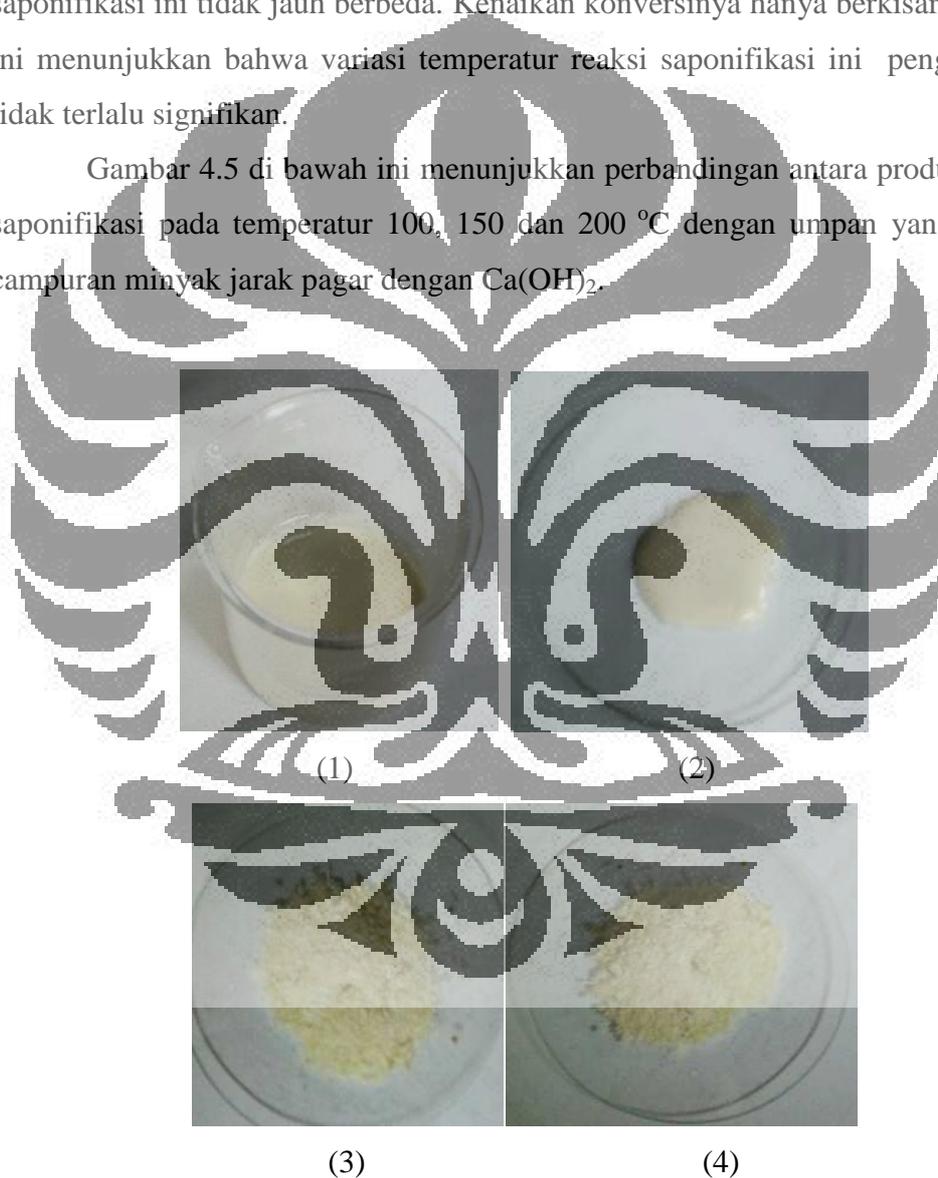
Dalam variasi temperatur saponifikasi, komposisi umpan dibuat tetap yaitu excess Ca(OH)<sub>2</sub> 100% mol, sedangkan temperatur reaksi dekarboksilasi 450°C. Umpan dengan komposisi excess Ca(OH)<sub>2</sub> 100% mol ini dipilih karena pada penelitian sebelumnya umpan ini memberikan konversi terbesar. Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Pengaruh Temperatur Saponifikasi terhadap Konversi

Berdasarkan gambar 4.4, semakin besar temperatur reaksi saponifikasi konversi juga semakin besar. Konversi terbesar diperoleh pada temperatur saponifikasi 200 °C yaitu 56,33 %. Dengan hasil ini maka produk terbaik dari variasi temperatur saponifikasi adalah sama dengan produk terbaik dari variasi komposisi umpan karena memiliki kondisi yang sama yaitu dengan umpan excess  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  100% mol, temperatur reaksi saponifikasi 200 °C dan temperatur reaksi dekarboksilasi 450 °C. Konversi yang diperoleh dari variasi temperatur saponifikasi ini tidak jauh berbeda. Kenaikan konversinya hanya berkisar 2%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi temperatur reaksi saponifikasi ini pengaruhnya tidak terlalu signifikan.

Gambar 4.5 di bawah ini menunjukkan perbandingan antara produk reaksi saponifikasi pada temperatur 100, 150 dan 200 °C dengan umpan yang berupa campuran minyak jarak pagar dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

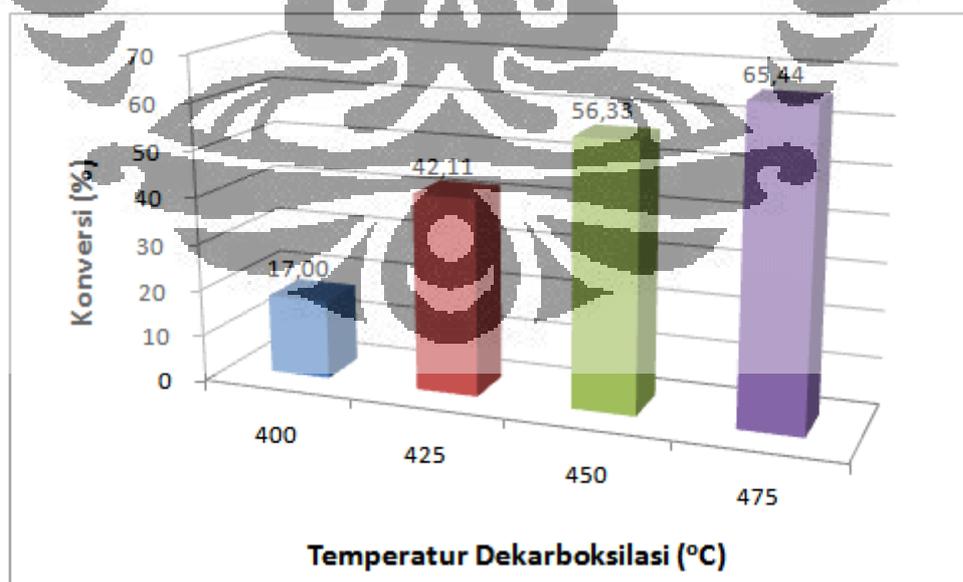


Gambar 4.5 Perbandingan Umpan dan Hasil Reaksi Saponifikasi, (1) Umpan  
(2) Hasil Reaksi Saponifikasi pada Temperatur 100 oC  
(3) Hasil Reaksi Saponifikasi pada Temperatur 150 oC  
(4) Hasil Reaksi Saponifikasi pada Temperatur 200 oC

Seperti terlihat pada gambar 4.5 di atas, produk reaksi saponifikasi pada temperatur 100 °C (gambar 2) berupa cairan kental berwarna kekuningan. Cairan ini secara fisik hampir sama dengan umpan (gambar 1). Sedangkan produk reaksi saponifikasi pada temperatur 150 °C dan 200 °C (gambar 3 dan 4) menunjukkan hasil yang berbeda, produk ini berbentuk padatan. Dengan hasil ini dapat diindikasikan bahwa pada temperatur 100 °C reaksi saponifikasi belum berlangsung secara sempurna. Sedangkan pada temperatur 150 °C dan 200 °C reaksi saponifikasi berlangsung lebih sempurna. Walaupun pada temperatur 100 °C reaksi saponifikasi belum berlangsung secara sempurna, tidak menutup kemungkinan bahwa reaksi ini berlangsung ketika temperatur dinaikkan untuk reaksi dekarboksilasi. Sehingga seperti terlihat pada gambar 4.4, produk reaksi dekarboksilasi dengan variasi reaksi saponifikasi pada 100 °C memberikan konversi yang cukup tinggi sebesar 52,22%.

#### 4.4 Produk Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Temperatur Dekarboksilasi

Gambar 4.5 menunjukkan pengaruh temperatur reaksi dekarboksilasi terhadap % konversi produk reaksi dekarboksilasi.



Gambar 4.6 Pengaruh Temperatur Dekarboksilasi terhadap Konversi

Dalam variasi temperatur reaksi dekarboksilasi, komposisi umpan yang digunakan adalah excess  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  100% mol, sedangkan temperatur reaksi saponifikasi  $200^\circ\text{C}$ . Pemilihan umpan dan temperatur reaksi saponifikasi tersebut berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut diperoleh konversi terbesar. Dari gambar 4.5, ditunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur reaksi dekarboksilasi, konversi yang diperoleh juga semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur yang lebih tinggi reaksi dekarboksilasi berlangsung lebih sempurna. Pengaruh temperatur dekarboksilasi sangat signifikan terhadap konversi yang diperoleh. Seperti terlihat pada gambar 4.5, perbedaan antara konversi terbesar dengan konversi terkecil mencapai 48%. Konversi terbesar diperoleh pada temperatur  $475^\circ\text{C}$  yaitu 65,44 %.

Konversi pada  $400^\circ\text{C}$  sangat kecil bila dibandingkan dengan konversi pada temperatur lainnya. Hal ini disebabkan karena pada temperatur  $400^\circ\text{C}$  umpan belum seluruhnya terkonversi menjadi produk. Seperti terlihat pada gambar 4.6, padatan sisa reaksi pada temperatur  $400^\circ\text{C}$  menunjukkan masih adanya produk saponifikasi (padatan terasa lengket dan masih kelihatan basah). Hal ini jauh berbeda bila dibandingkan dengan padatan sisa reaksi pada temperatur yang lebih tinggi ( $450^\circ\text{C}$ ) yang menunjukkan tidak adanya produk saponifikasi (padatan kering dan tidak lengket). Padatan sisa reaksi dekarboksilasi sebenarnya adalah produk reaksi yang berupa kalsium karbonat dan sisa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang tidak bereaksi.



(1)

(2)

Gambar 4.7 Sisa Reaksi Dekarboksilasi. (1) Temperatur  $400^\circ\text{C}$ ,

(2) Temperatur 450 °C

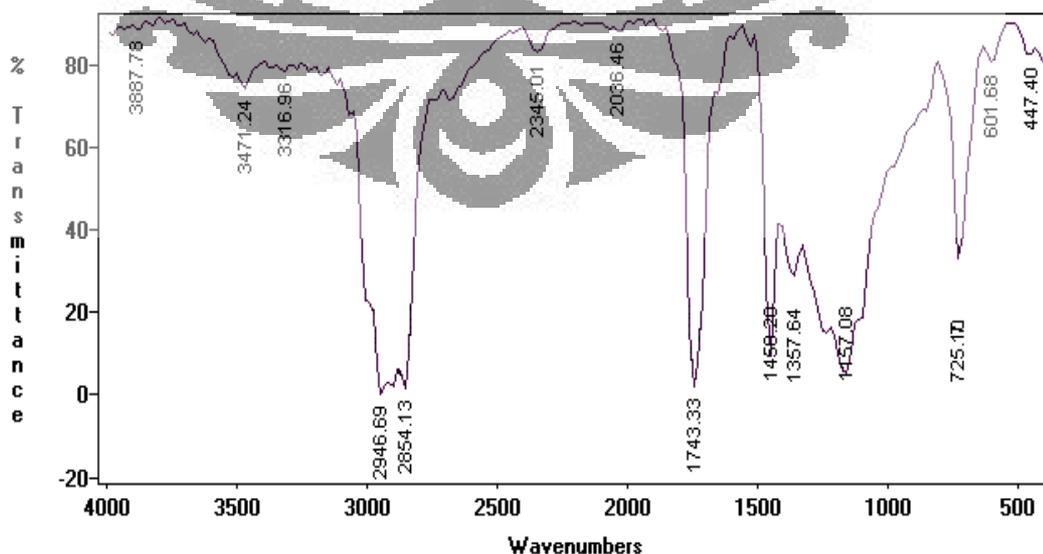
#### 4.5 Analisa FTIR

Analisa FTIR bertujuan untuk mengetahui ikatan-ikatan/gugus fungsi apa saja yang dimiliki oleh produk yang dihasilkan dari proses reaksi dekarboksilasi. Gugus fungsi ini selanjutnya dibandingkan dengan gugus fungsi yang terdapat dalam minyak jarak pagar, sehingga dapat diketahui keberhasilan dari reaksi dekarboksilasi. Selain itu gugus fungsi tersebut juga dibandingkan dengan gugus fungsi yang terdapat dalam diesel komersial, sehingga dapat diketahui seberapa mirip produk yang dihasilkan dengan diesel komersial.

##### 4.5.1 Spektra FTIR Minyak Jarak Pagar

Daerah pada spektra FTIR yang berguna untuk menentukan/mengidentifikasi gugus-gugus fungsional berada pada bilangan gelombang antara 1400 – 4000  $\text{cm}^{-1}$  yang berada pada bagian kiri spektra FTIR. Sedangkan daerah sebelah kanan bilangan gelombang 1400  $\text{cm}^{-1}$  seringkali rumit untuk diidentifikasi. Namun daerah ini merupakan daerah sidik jari karena setiap senyawa memiliki spektra FTIR yang khas.

Spektra FTIR untuk minyak jarak pagar ditunjukkan pada gambar 4.7 berikut ini:

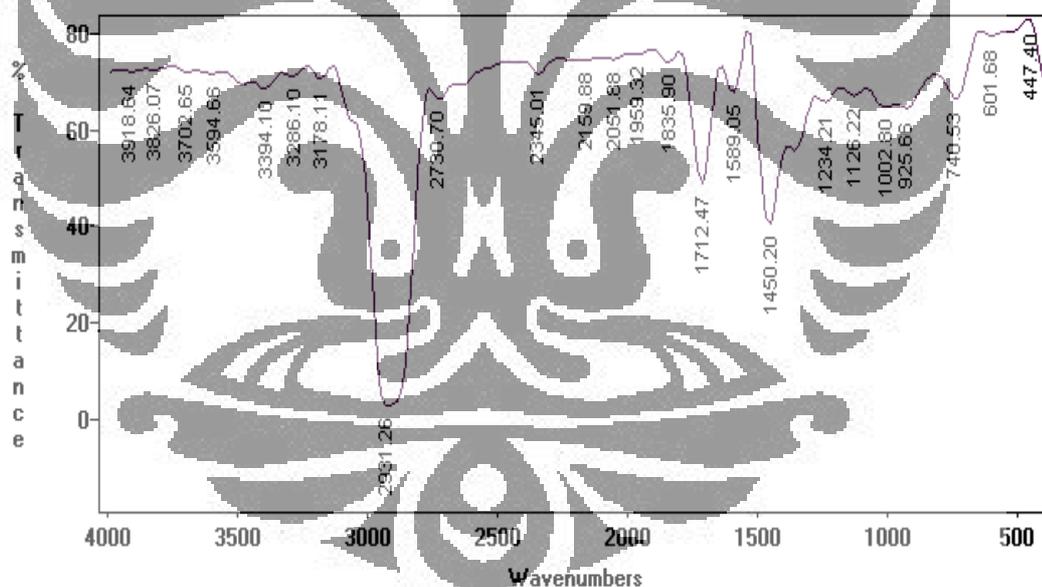


Gambar 4.8 Spektra FTIR Minyak Jarak Pagar

Berdasarkan gambar 4.7, gugus fungsi yang terdapat dalam minyak jarak pagar adalah gugus C–H uluran pada bilangan gelombang 2946,69 dan 2854,13  $\text{cm}^{-1}$ , C=O ester pada bilangan gelombang 1743,33  $\text{cm}^{-1}$ , C–O pada bilangan gelombang 1157,08  $\text{cm}^{-1}$  dan C–H tekukan pada bilangan gelombang 1450,2  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus-gugus fungsi ini menunjukkan bahwa kandungan utama minyak jarak pagar adalah ester. Memang benar bahwa kandungan utama minyak jarak pagar berupa ester yaitu dalam bentuk trigliserida yang merupakan ester dari gliserol.

#### 4.5.2 Spektra FTIR Produk Hasil Dekarboksilasi dengan Variasi Umpan dan Temperatur Saponifikasi Terbaik

Hasil dekarboksilasi dengan variasi umpan dan temperatur saponifikasi terbaik memiliki spektra FTIR yang sama. Spektra FTIR tersebut ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Spektra FTIR Produk Hasil Dekarboksilasi dengan Variasi Umpan dan Temperatur Saponifikasi Terbaik

Dari gambar 4.9 di atas, spektra FTIR produk hasil reaksi dekarboksilasi berbeda dengan spektra FTIR minyak jarak pagar. Hal ini membuktikan telah terjadi reaksi yang menyebabkan perubahan senyawa yang terkandung di dalamnya. Gugus fungsi yang terdapat dalam produk dekarboksilasi adalah C–H uluran pada bilangan gelombang 2931,26  $\text{cm}^{-1}$ , C=O keton pada bilangan

gelombang  $1712,47\text{ cm}^{-1}$ , dan C–H tekukan pada bilangan gelombang  $1450,2\text{ cm}^{-1}$ . Gugus C=O dan C–O ester tidak terlihat pada spektra di atas. Hal ini menunjukkan telah terjadi reaksi dekarboksilasi yang menghilangkan gugus karboksil (ester) yang terdapat dalam minyak jarak pagar.

Dalam spektra FTIR ini tidak dijumpai adanya ikatan =C–H dan C=C yang masing-masing berada pada bilangan gelombang  $3000\text{--}3100\text{ cm}^{-1}$  dan  $1600\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ . Dengan demikian senyawa alkena tidak terdapat dalam produk reaksi dekarboksilasi ini. Dari gugus fungsi yang telah teridentifikasi, kemungkinan besar senyawa penyusun produk reaksi dekarboksilasi ini adalah campuran antara alkana dan keton. Keton terdapat dalam jumlah yang tidak terlalu banyak karena pita uluran C=O menunjukkan peak/puncak yang lemah.

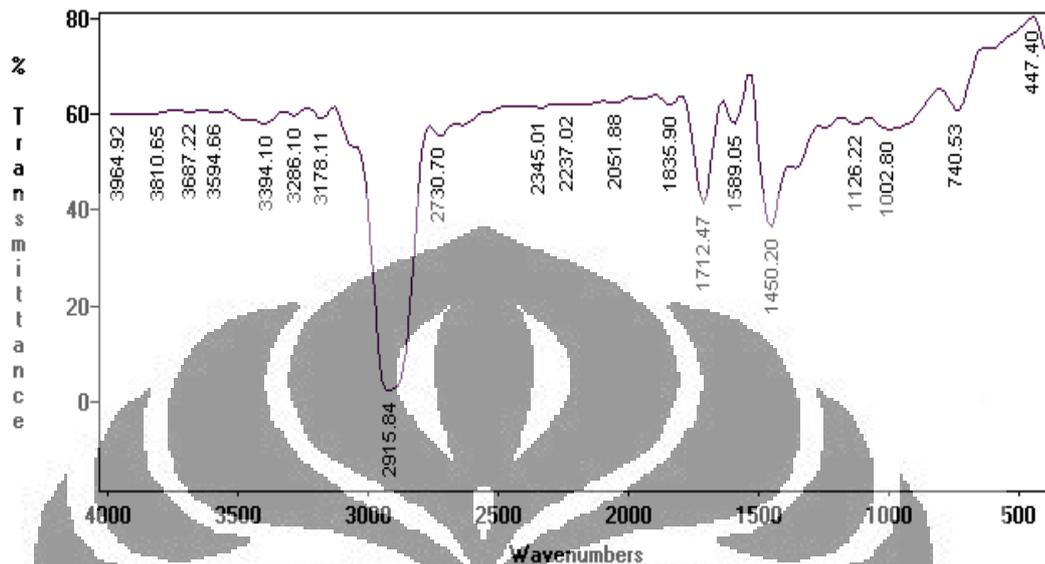
Asam lemak penyusun trigliserida minyak jarak sebagian besar berupa asam lemak tak jenuh/memiliki ikatan rangkap. Namun dalam analisa FTIR ini tidak teridentifikasi adanya ikatan rangkap. Oleh karena itu dapat diprediksi telah terjadi reaksi hidrogenasi yang menjenuhkan ikatan rangkap tersebut.



#### 4.5.3 Spektra FTIR Produk Hasil Dekarboksilasi dengan Variasi Temperatur Dekarboksilasi Terbaik

Spektra FTIR produk hasil dekarboksilasi dengan variasi temperatur dekarboksilasi terbaik sangat mirip dengan spektra FTIR produk hasil dekarboksilasi dengan variasi umpan dan temperatur saponifikasi terbaik. Yang membedakan adalah besarnya transmittansi dari gugus-gugus tersebut. Spektra FTIR ini menunjukkan adanya gugus C–H, C–C dan C=O keton. Gugus C–H uluran terbaca pada bilangan gelombang  $2915,84\text{ cm}^{-1}$ , C=O keton pada bilangan gelombang  $1712,47\text{ cm}^{-1}$ , dan C–H tekukan pada bilangan gelombang  $1450,2\text{ cm}^{-1}$ . Dalam spektra ini juga tidak dijumpai adanya senyawa alkena. Hasil reaksi ini menunjukkan telah terjadi reaksi dekarboksilasi karena gugus karboksil (C=O dan C–O ester) tidak terdapat pada spektra FTIR di atas. Seperti produk reaksi dekarboksilasi sebelumnya, produk reaksi dekarboksilasi ini juga kemungkinan besar terdiri dari senyawa alkana dan keton.

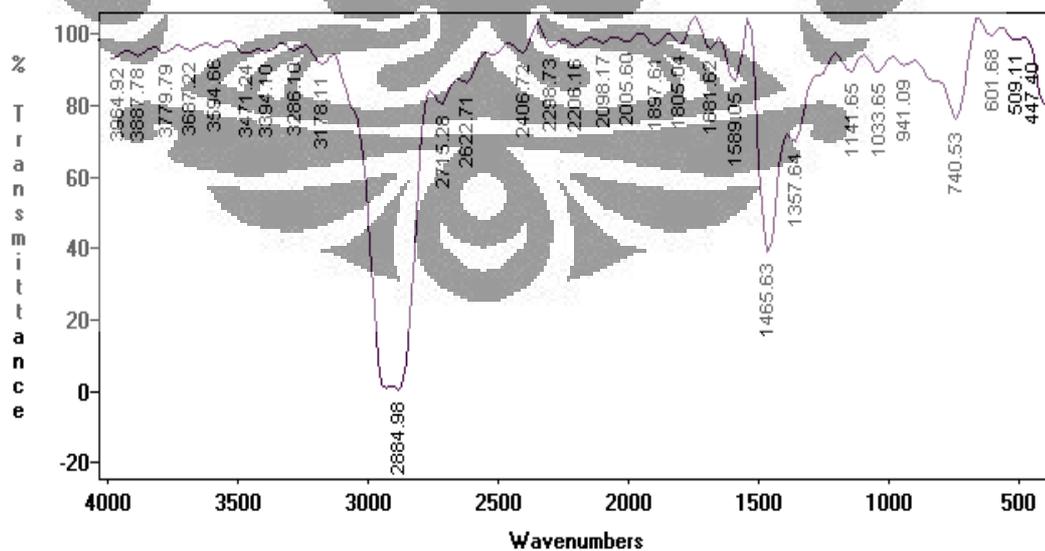
Gambar 4.10 menunjukkan spektra FTIR produk hasil reaksi dekarboksilasi dengan variasi temperatur dekarboksilasi terbaik.



Gambar 4.10 Spektra FTIR Hasil Dekarboksilasi dengan Temperatur Dekarboksilasi Terbaik

#### 4.5.4 Spektra FTIR Diesel Komersial

Spektra FTIR diesel komersial ditunjukkan pada gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4.11 Spektra FTIR Diesel Komersial

Spektra FTIR diesel komersial menunjukkan adanya gugus C–H uluran pada bilangan gelombang  $2884,98\text{ cm}^{-1}$  dan C–H tekukan pada bilangan gelombang  $1465,63\text{ cm}^{-1}$ . Senyawa alkena yang memiliki ikatan =C–H dan C=C tidak terlihat dalam spektra ini. Tidak adanya gugus yang lain seperti gugus karboksil dan keton menunjukkan bahwa penyusun utama diesel komersial adalah senyawa alkana. Spektra FTIR hasil dekarboksilasi memiliki kemiripan dengan spektra FTIR diesel komersial ini karena gugus fungsi yang dominan adalah gugus C–H. Perbedaannya hanya terdapat pada gugus keton yang dimiliki oleh hasil reaksi dekarboksilasi. Bila gugus ini tidak ada, maka spektra FTIR hasil dekarboksilasi akan sama persis dengan spektra FTIR diesel komersial.

Berdasarkan spektra FTIR di atas, maka dapat dibuat tabel ringkasan sebagai berikut, dimana A adalah spektra FTIR untuk minyak jarak pagar, B untuk hasil reaksi dekarboksilasi dengan variasi umpan dan temperatur saponifikasi terbaik, C untuk hasil reaksi dekarboksilasi dengan variasi temperatur dekarboksilasi terbaik, dan D untuk diesel komersial.

Tabel 4.1 Ringkasan Spektra FTIR Minyak Jarak Pagar, Hasil Reaksi Dekarboksilasi dan Diesel Komersial

Ikatan	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang, $\text{cm}^{-1}$	% Transmittansi			
			A	B	C	D
C–H*	Alkana	2850 – 2990	0 1,48	2,71	2,34	0,22
C=O*	Ester	1740 – 1750	2,01	-	-	-
C=O	Keton	1700 – 1720	-	49,04	41,51	-
C–H**	Alkana	1450 – 1475	9,5	40,44	36,45	39,16
C–O*	Ester	1000 – 1280	5,19	-	-	-
=C–H*	Alkena	3000 – 3100	-	-	-	-
C=C*	Alkena	1600 – 1700	-	-	-	-

BG = bilangan gelombang    \* = pita uluran    \*\* = pita tekukan

#### 4.6 Analisa GC–FID

Produk cair reaksi dekarboksilasi dianalisa menggunakan instrumen kromatografi gas jenis FID dari Shimadzu GC 6890 dengan kromatogram RC26 dan kolom yang digunakan adalah SE-30 sepanjang 3 m. Kondisi GC-FID dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Analisa FID

Column	SE-30 untuk senyawa non polar atau OV-17 untuk senyawa polar
Carrier	Nitrogen
Oven	40°C selama 2 min; 40-220 °C dengan laju pemanasan 2,5 °C/min
Injector	Non split injector
Detector	FID 290°C. Nitrogen make up gas sebesar 30 ml/min

Produk yang dianalisa adalah produk yang memiliki konversi terbesar. Analisa GC-FID ini bertujuan untuk mengetahui secara kuantitatif senyawa-senyawa penyusun produk reaksi dekarboksilasi. Dengan demikian dapat diketahui yield dari hidrokarbon setara fraksi diesel. Bahan bakar fraksi diesel merupakan hidrokarbon dengan panjang rantai atom karbon C12-C20.

Hasil analisa GC-FID menunjukkan bahwa produk cair reaksi dekarboksilasi terdiri atas senyawa hidrokarbon dengan panjang rantai atom karbon C7-C28. Padahal asam lemak penyusun trigliserida minyak jarak pagar yang merupakan sumber senyawa hidrokarbon, hanya memiliki panjang rantai atom karbon C14-C20. Dengan demikian, dapat diprediksi telah terjadi *cracking*/perengkahan dan penggabungan alkil asam lemak. Perengkahan akan membuat senyawa hidrokarbon menjadi lebih pendek sedangkan penggabungan alkil menyebabkan rantai karbon bertambah.

Dari hasil analisa GC-FID ini, dengan menghitung % berat dari senyawa hidrokarbon C12-C20, maka diperoleh % berat fraksi diesel dalam produk cair reaksi dekarboksilasi.

Tabel 4.3 Persentase Senyawa Hidrokarbon Setara Fraksi Diesel

Senyawa	Kandungan (% berat)
Dodekana (C12)	4,29
Tridekana (C13)	2,72
Tetradekana (C14)	3,32
Pentadekana (C15)	4,83

Heksadekana (C16)	3,87
Heptadekana (C17)	6,71
Oktadekana (C18)	12,44
Nonadekana (C19)	5,92
Eikosana (C20)	14,24
<b>Total</b>	<b>58,34</b>

Berdasarkan tabel 4.3, kandungan fraksi diesel dalam produk cair reaksi dekarboksilasi sebesar 58,34 %. Dengan memperhitungkan konversi produk cair reaksi dekarboksilasi sebesar 65,44%, maka *yield* hidrokarbon setara fraksi diesel yang diperoleh adalah:

$$58,34\% \times 65,44\% = 38,18\%$$

#### 4.7 Analisa Sifat Fisik

##### 4.7.1 Densitas

Densitas termasuk salah satu sifat fisik yang perlu diketahui dari bahan bakar kendaraan bermotor. Jika densitas suatu bahan bakar tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, maka perlu penyesuaian pada waktu injeksi, laju injeksi, tekanan pembuka injektor dan tingkat putaran mesin agar performa mesin, emisi dan parameter pembakaran dapat tercapai.

Dalam penelitian ini densitas diukur menggunakan piknometer. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\text{Volume piknometer} = \text{volume produk} = 9,7 \text{ ml}$$

$$\text{Berat awal (piknometer kosong)} = 13,09 \text{ gr}$$

$$\text{Berat akhir (piknometer + produk)} = 21,28 \text{ gr}$$

$$\text{Berat produk} = \text{berat akhir} - \text{berat awal}$$

$$= 21,28 \text{ gr} - 13,09 \text{ gr}$$

$$= 8,19 \text{ gr}$$

$$\text{densitas produk} = \frac{\text{berat produk}}{\text{volume produk}} = \frac{8,19 \text{ gr}}{9,7 \text{ ml}} = 0,84 \text{ gr/ml}$$

Dari pengukuran ini diperoleh densitas produk cair reaksi dekarboksilasi sebesar 0,84 gr/ml atau 840 kg/m<sup>3</sup>. Densitas hasil reaksi dekarboksilasi ini telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh Dirjen Migas, karena berdasarkan SK Dirjen Migas No. 3675K/24/DJM/2006, densitas solar adalah 820 – 860 kg/m<sup>3</sup> untuk solar super dan 815 – 870 kg/m<sup>3</sup> untuk solar regular. Dengan demikian produk reaksi dekarboksilasi ini dapat digunakan tanpa ada penyesuaian terhadap waktu injeksi, laju injeksi, tekanan pembuka injektor dan tingkat putaran mesin.

#### 4.7.2 Viskositas

Viskositas merupakan salah satu parameter penting dalam penentuan bahan bakar kendaraan bermotor, karena sangat berpengaruh pada kerja mesin. Viskositas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Hal ini dapat menyebabkan timbulnya *coking* dan karbon deposit pada piston dan mesin. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengukuran viskositas terhadap produk yang dihasilkan untuk mengetahui apakah produk ini layak digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, dan tidak akan menimbulkan masalah pada kerja mesin.

Pada penelitian ini digunakan viskometer Cannon Fenske untuk mengukur viskositas. Pengukuran dilakukan pada temperatur 40 °C. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$t = 45,24 \text{ detik}$$

$$C = 0,0943 \text{ cSt/detik}$$

$$\text{viskositas kinematik} = C \cdot t = 0,0943 \times 45,24 = 4,266132 \approx 4,27 \text{ cSt}$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh viskositas produk cair reaksi dekarboksilasi sebesar 4,27 cSt. Viskositas ini telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Dirjen Migas karena berdasarkan SK Dirjen Migas No. 3675K/24/DJM/2006, viskositas solar sebesar 2,0 – 4,5 cSt untuk solar super dan 2,0 – 5,0 cSt untuk solar regular. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa produk reaksi dekarboksilasi ini aman untuk digunakan pada kendaraan bermotor karena tidak akan menimbulkan *coking* dan karbon deposit pada piston dan mesin.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Hidrokarbon setara fraksi diesel dapat diperoleh melalui reaksi dekarboksilasi campuran minyak jarak pagar dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  berlebih.
2. Komposisi umpan terbaik untuk reaksi dekarboksilasi campuran minyak jarak pagar dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  adalah excess  $\text{Ca(OH)}_2$  100%.
3. Temperatur terbaik untuk reaksi saponifikasi adalah  $200\text{ }^\circ\text{C}$ .
4. Temperatur terbaik untuk reaksi dekarboksilasi adalah  $475\text{ }^\circ\text{C}$ .
5. Hasil analisa FTIR menunjukkan bahwa produk cair reaksi dekarboksilasi tidak mengandung adanya gugus karboksilat dan ikatan rangkap, tetapi menunjukkan adanya gugus keton.
6. Analisis GC-FID menunjukkan *yield* fraksi diesel sebesar 38,18%.
7. Analisis sifat fisik yang meliputi densitas dan viskositas, menunjukkan bahwa produk cair reaksi dekarboksilasi telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Dirjen Migas.

#### **5.2 Saran**

1. Kondensor ditambahkan di sekitar selang silikon untuk menyempurnakan kondensasi produk gas, sehingga produk cair yang diperoleh semakin banyak.
2. Produk gas yang tidak terkondensasi dianalisa sehingga dapat diketahui senyawa penyusunnya.
3. Melakukan reaksi saponifikasi dengan temperatur yang lebih tinggi dari  $200\text{ }^\circ\text{C}$ .
4. Melakukan reaksi dekarboksilasi dengan temperatur yang lebih tinggi dari  $475\text{ }^\circ\text{C}$ .
5. Reaksi dekarboksilasi dilakukan dengan waktu yang lebih singkat agar tidak terjadi reaksi polimerisasi/polikondensasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahadiat, Nur. (1998). *Minyak Solar: Mutu dan Penggunaannya*. Lembaran Publikasi Lemigas no.3.
- Bambang, Susilo. (2006). *Biodiesel: Pemanfaatan jarak Pagar Sebagai Alternatif Pengganti Bahan Bakar Minyak*. Surabaya: Trubus Agrisarana.
- Bansal, Raj K. (1978). *Organic Reaction Mechanisms*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Chang, CC & Wan SW. (1947). China's Motor Fuels from Tung Oil. *Journal of Ind. Eng. Chem.*, 39, 1543–1548.
- Demirbas, Ayhan. (2003). Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey. *Journal of Energy Conversion and Management*, 44, 2093–2109.
- Fessenden dan Fessenden. (1989). *Kimia Organik Jilid 2* (edisi ketiga). (Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, Penerjemah.). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ketaren, S. (1986). *Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Depok: Universitas Indonesia
- Lima, Daniela G. et al., (2004). Diesel-like fuel obtained by pyrolysis of vegetable oils. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 71, 987–996.
- Ma, Fangrui., & Hanna, Millord A. (1999). Biodiesel production: a review. *Journal of Bioresource Technology*, 70, 1 – 15.
- Purwanto, W. W., et. al., (2006). *Indonesia Energy Outlook and Statistic*. Depok: Pengkajian Energi Universitas Indonesia.
- Snare, Mathias, et.al., (2006). Heterogeneous Catalytic Deoxygenation of Stearic Acid for Production of Biodiesel. *Journal of Ind. Eng. Chem. Res*, 45, 5708 – 5715.
- Sugiyono, Agus. (2005). *Pemanfaatn Biofuel dalam Pentediaan Energi Nasional Jangka Panjang*. Seminar Teknologi Untuk Negeri

Surono dan Batti. (1980). *Spesifikasi solar dan Pengaruhnya terhadap Performa Motor*. Jakarta: Publikasi PPTMGB-Lemigas, XIV/2, 31-42.

Akbar, Emil. et al,. (2009). Characteristic and Composition of *Jatropha Curcas* Oil Seed from Malaysia and its Potential as Biodiesel Feedstock. *European Journal of Scientific Research*, 29 (3), 396 – 403.  
<http://www.eurojournals.com>. diakses tanggal 2 Mei 2009.

*Asam Lemak*. (n.d.). [http://id.wikipedia.org/wiki/Asam\\_lemak](http://id.wikipedia.org/wiki/Asam_lemak). diakses tanggal 8 Mei 2009.

Atmojo, Suntora Wongso. (April 16, 2009.). *Minyak jarak & alternatif bioenergi*.  
<http://suntoro.staff.uns.ac.id/files/>. diakses tanggal 2 Mei 2009.

*Biodiesel*. (Agustus 20, 2007.). <http://www.energiterbarukan.net>. diakses tanggal 13 April 2008.

*Biofuel*. (n.d.). <http://www.energiterbarukan.net>. diakses tanggal 13 April 2008.

*Calcium Hydroxide*. (n.d.). <http://www.answers.com/topic/calcium-hydroxide>.  
diakses tanggal 8 Mei 2009.

*Calcium hydroxide*. (n.d.). <http://en.wikipedia.org>. diakses tanggal 18 Mei 2008.

*FTIR*. (Februari 27,2007.). [http://www.agta-gtc.org/2007-02-27\\_ftir.htm](http://www.agta-gtc.org/2007-02-27_ftir.htm). diakses tanggal 10 Juni 2009.

*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy Background*. (January 20, 1998.).  
<http://www.gmu.edu/departments/SRIF/tutorial/gcd/gc-ms2.htm>. diakses tanggal 10 Juni 2009.

*GC-FID*. (n.d.). [http://depts.washington.edu/chem/facilserv/instrumentation/images/gc\\_fid.jpg](http://depts.washington.edu/chem/facilserv/instrumentation/images/gc_fid.jpg). diakses tanggal 24 Juni 2009.

*Heat of Combustion*. (n.d.). <http://en.wikipedia.org>. diakses tanggal 4 Juni 2009.

*Jarak Pagar*. (n.d.). <http://id.wikipedia.org>. diakses tanggal 10 Mei 2008.

*Mengenal Biodiesel: Karakteristik, Produksi, hingga Performansi Mesin*. (n.d.).  
<http://www.beritaiptek.com>. diakses tanggal 13 April 2008.

*Saponification*. (n.d.). <http://en.wikipedia.org/wiki/Saponification>. diakses tanggal 16 April 2009.

*Soda Lime*. (n.d.). [http://en.wikipedia.org/wiki/Soda\\_lime](http://en.wikipedia.org/wiki/Soda_lime). diakses tanggal 20 April 2009.

Syahirah, Ira. (Juli 7, 2008.). *Proses Pembuatan Biodiesel dengan Bahan Baku Jatropha Curcas (Jarak Pagar)*. <http://iskandarnt.wordpress.com>. diakses tanggal 2 Mei 2009.

*The chemical analysis of Jatropha curcas oil*. (n.d.). <http://www.indobiofuel.com>. diakses tanggal 8 Mei 2009.

*The Decarboxylation of Carboxylic Acids and Their Salts*. (n.d.). <http://www.chemguide.co.uk>. diakses tanggal 10 April 2008.

Tim Departemen Teknologi Pertanian. (Juni, 2008.). *Proses Pembuatan Minyak Jarak Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. <http://cahyadi.start4all.com/files/>. diakses tanggal 2 Mei 2009.

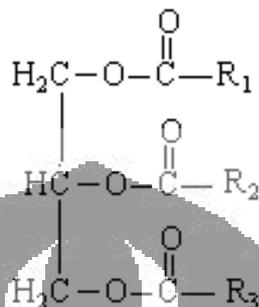
*The flame ionization detector*. (n.d.). <http://www.instrumentalchemistry.com/gasphase/pages/fid.htm>. diakses tanggal 24 Juni 2009.

Wibowo, Cahyo Setyo. (Agustus 7, 2008.). *Karakteristik Bahan Bakar Minyak untuk Kendaraan Bermotor yang Berpengaruh Pada Pencemaran Lingkungan*. <http://www.ccitonline.com>. diakses tanggal 11 Mei 2009.



## Lampiran 1 Penentuan Berat Molekul Triglicerida Minyak Jarak

Rumus molekul triglicerida:



Gambar 1. Struktur Molekul Triglicerida

- Berat molekul gliserin (tanpa atom O dan H) = 41
- Berat molekul asam lemak = 276.582

Tabel 1. Berat Molekul Asam Lemak Penyusun Trgliserida

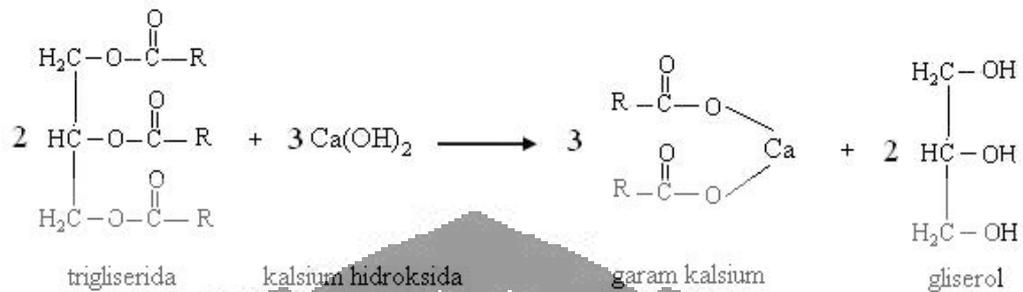
Asam lemak	Rumus Molekul	Komposisi (%)	BM*	BM Asam Lemak x % Komposisi
Gleic (18:1)	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	44,7	281	125,607
Linoleic (18:2)	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	32,8	279	91,512
Palmitic (16:0)	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	14,2	255	36,21
Stearic (18:0)	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	7	283	19,81
Palmitoleic (16:1)	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,7	253	1,771
Linolenic (18:3)	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,2	277	0,554
Arachnidic (20:0)	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	0,2	311	0,622
Margaric (17:0)	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,1	269	0,269
Mirisdic (14:0)	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0,1	227	0,227
			<b>Jumlah</b>	<b>276.582</b>

\*) setelah dikurangi 1 atom hidrogen

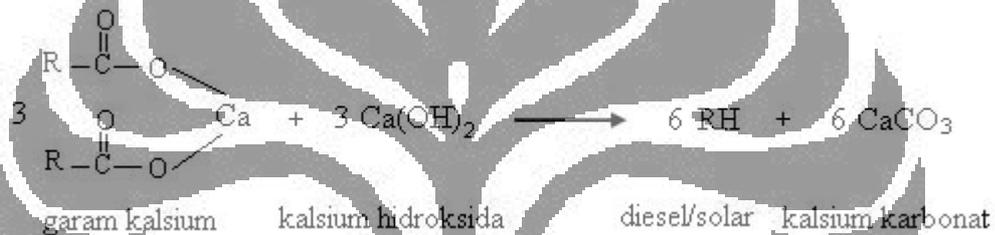
$$\begin{aligned}
 \text{Berat molekul triglicerida} &= 3 \times \text{BM asam lemak} + \text{BM gliserin} \\
 &= 3 \times 276,58 + 41 \\
 &= 870,75 \text{ gram/mol}
 \end{aligned}$$

## Lampiran 2 Perhitungan Rasio Berat Minyak Jarak dan Ca(OH)<sub>2</sub>

Reaksi yang terjadi:



Gambar 2. Reaksi Saponifikasi



Gambar 3. Reaksi Dekarboksilasi

2 mol trigliserida membutuhkan 6 mol kalsium hidroksida (3 mol untuk reaksi saponifikasi dan 3 mol untuk reaksi dekarboksilasi). Atau dengan kata lain, 1 mol trigliserida membutuhkan 3 mol kalsium hidroksida.

BM trigliserida = 870,8 gram/mol

BM kalsium hidroksida = 74,1 gram/mol

Basis: 1 mol trigliserida

Tabel 2. Rasio Berat Minyak Jarak dengan Ca(OH)<sub>2</sub>

Umpan	Variasi	Berat Minyak Jarak	Berat Ca(OH) <sub>2</sub>	Rasio Berat Minyak Jarak dengan Ca(OH) <sub>2</sub>
A	Stoikiometrik	870,8 gr	222,30 gr	3,92
B	Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 50% mol	870,8 gr	333,45 gr	2,61
C	Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 100% mol	870,8 gr	444,60 gr	1,96
D	Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 150% mol	870,8 gr	555,75 gr	1,57
E	Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 200% mol	870,8 gr	666,90 gr	1,31

### Lampiran 3 Produk Hasil Reaksi Dekarboksilasi dan Perhitungan Konversi

Tabel 3. Data Penelitian Hasil Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Umpan

Umpan	Berat Produk (gr)
Stoikiometrik	4,54
Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 50% mol	5,05
Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 100% mol	5,07
Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 150% mol	4,85
Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 200% mol	4,77

Tabel 4. Data Penelitian Hasil Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Temperatur Saponifikasi

Temperatur Saponifikasi (°C)	Berat Produk (gr)
100	4,70
150	4,88
200	5,07

Tabel 5. Data Penelitian Hasil Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Temperatur Dekarboksilasi

Temperatur Dekarboksilasi (°C)	Berat Produk (gr)
400	1,53
425	3,79
450	5,07
475	5,89

Perhitungan Konversi:

Minyak jarak umpan = 9 gram

$$\% \text{ konversi} = \frac{\text{berat produk}}{\text{berat minyak jarak umpan}}$$

*(lanjutan)*

Tabel 6. Konversi Hasil Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Umpan

Umpan	Konversi (%)
Stoikiometrik	50,44
Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 50% mol	56,11
Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 100% mol	56,33
Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 150% mol	53,89
Excess Ca(OH) <sub>2</sub> 200% mol	53,00

Tabel 7. Konversi Hasil Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Temperatur Saponifikasi

Temperatur Saponifikasi (°C)	Konversi (%)
100	52,22
150	54,22
200	56,33

Tabel 8. Konversi Hasil Reaksi Dekarboksilasi dengan Variasi Temperatur Dekarboksilasi

Temperatur Dekarboksilasi (°C)	Konversi (%)
400	17,00
425	42,11
450	56,33
475	65,44

## Lampiran 4 Hasil Analisa GC-FID

### H A S I L TEST RESULT

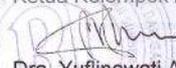
Nomor Seri :  
Serial Number

Nomor Contoh/ : 1030/09 s/d 1031/09.  
Sample Number

Halaman : 2/3.  
Page

Determination	Unit	Result		Method
		1030 ( Bensin )	1031 ( Solar )	
METANA	% wt	0.00	0.00	ASTM D. 2887.
ETANA	% wt	0.00	0.00	
PROPANA (C3)	% wt	0.00	0.00	
BUTANA (C4)	% wt	0.00	0.00	
PENTANA (C5)	% wt	0.00	0.00	
HEKSANA (C6)	% wt	0.00	0.00	
HEPTANA (C7)	% wt	3.34	0.74	
OKTANA (C8)	% wt	6.74	1.07	
NONANA (C9)	% wt	6.36	1.01	
DEKANA (C10)	% wt	5.71	1.13	
UNDEKANA (C11)	% wt	5.91	1.58	
DODEKANA (C12)	% wt	8.29	4.29	
TRIDEKANA (C13)	% wt	9.32	2.72	
TETRADEKANA (C14)	% wt	7.63	3.32	
PENTADEKANA (C15)	% wt	7.81	4.83	
HEKSADEKANA (C16)	% wt	5.67	3.87	
HEPTADEKANA (C17)	% wt	6.97	6.71	
OKTADEKANA (C18)	% wt	7.84	12.44	
NONADEKANA (C19)	% wt	3.59	5.92	
EIKOSANA (C20)	% wt	4.54	14.24	

Ketua Kelompok Analitik & Kimia Terapan

  
Dra. Yufinawati Away, M.Si.  
NIP: 100007378.

Personil Laboratorium LEMIGAS akan memberikan pelayanan yang terbaik untuk melaksanakan analisis. Kerahasiaan hasil ini terjamin. Laporan ini hanya berdasarkan sampel yang diuji dan tidak untuk diiklankan.  
LEMIGAS Laboratories personnel will exert its best effort to conduct the analysis. The result obtained are hold in strict confidence. This report relates only to the sample tested and may not be used for advertesing purpose.

(lanjutan)

**H A S I L**  
**TEST RESULT**

Nomor Seri :  
Serial Number

Nomor Contoh/ : 1030/09 s/d 1031/09.  
Sample Number

Halaman : 3/3.  
Page

Determination	Unit	Result		Method
		1030 ( Bensin )	1031 ( Solar )	
HENEKOSANA (C21)	% wt	3.75	3.92	ASTM D. 2887.
DOKOSANA (C22)	% wt	1.69	7.77	
TRIKOSANA (C23)	% wt	2.90	3.73	
TETRAKOSANA (C24)	% wt	1.96	4.31	
PENTAKOSANA (C25)	% wt	0.00	8.01	
HEKSAKOSANA (C26)	% wt	0.00	4.37	
HEPTAKOSANA (C27)	% wt	0.00	2.53	
OKTAKOSANA (C28)	% wt	0.00	1.48	
NONAKOSANA (C29)	% wt	0.00	0.00	
TRIAKONTANA (C30) plus	% wt	0.00	0.00	
HENETRIAKONTANA (C31)	% wt	0.00	0.00	
DOTRIAKONTANA (C32)	% wt	0.00	0.00	
TRITRIAKONTANA (C33)	% wt	0.00	0.00	
TETRATRIAKONTANA (C34)	% wt	0.00	0.00	
PENTATRIAKONTANA (C35)	% wt	0.00	0.00	
HEKSATRIAKONTANA (C36)	% wt	0.00	0.00	
HEPTATRIAKONTANA (C37)	% wt	0.00	0.00	
OKTATRIAKONTANA (C38)	% wt	0.00	0.00	
NONATRIAKONTANA (C39)	% wt	0.00	0.00	
TETRAKONTANA (C40)	% wt	0.00	0.00	

Ketua Kelompok Analitik & Kimia Terapan

Dra. Yufinawati Away, M.Si.  
NIP: 100007378.

Personil Laboratorium LEMIGAS akan memberikan pelayanan yang terbaik untuk melaksanakan analisis. Kerahasiaan hasil ini terjamin. Laporan ini hanya berdasarkan sampel yang diuji dan tidak untuk diiklankan.

LEMIGAS Laboratories personnel will exert its best effort to conduct the analysis. The result obtained are hold in strict confidence. This report relates only to the sample tested and may not be used for advertesing purpose.