



DR. IR. KIAGUS AHMAD RONI, S.T., M.T.

# PEMBUATAN BIODIESEL

DENGAN PROSES ALKOHOLISIS MINYAK BIJI KARET (HAVEA  
BRASILIENSIS) MENGGUNAKAN KATALISATOR  
BUANGAN PERENKAHAN MINYAK BUMI  
PERTAMINA UNIT III PALEMBANG

Penerbit dan Percetakan

**NoerFikri**

Jl. Mayor Mahidin No. 142

Tlp./Fax. 0711-366625

E-mail : noerfikri@gmail.com

Palembang - Indonesia

ISBN 978-602-447-695-3



# **MONOGRAF**

## **PEMBUATAN BIODIESEL DENGAN PROSES ALKOHOLISIS MINYAK BIJI KARET (HAVEA BRASILIENSIS) MENGGUNAKAN KATALISATOR BUANGAN PERENKAHAN MINYAK BUMI PERTAMINA UNIT III PALEMBANG**

**Dr. Ir. Kiagus Ahmad Roni, S.T., M.T.**



**Dilarang memperbanyak, mencetak, menerbitkan  
sebagian maupun seluruh buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit**

**Ketentuan Pidana**

**Kutipan Pasal 72 Undang-undang Republik Indonesia**

**Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta**

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000,00 (lima juta rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

---

**MONOGRAF**

**PEMBUATAN BIODIESEL DENGAN PROSES ALKOHOLISIS MINYAK BIJI  
KARET (HAVEA BRASILIENSIS) MENGGUNAKAN KATALISATOR  
BUANGAN PERENKAHAN MINYAK BUMI PERTAMINA UNIT III  
PALEMBANG**

---

Penulis : Dr. Ir. Kiagus Ahmad Roni, S.T., M.T.  
Layout : Tri Septiana Kebela  
Desain Cover : Ismoko

Hak Penerbit pada NoerFikri Offset  
Anggota IKAPI (No. 012/SMS/13)

**Dicetak oleh NoerFikri Offset**

Jl. Mayor Mahidin No. 142  
Palembang – Indonesia ☒ 30126  
Telephone 0711 366625  
Fax 0711 366625  
Email : [noerfikri@gmail.com](mailto:noerfikri@gmail.com)  
Cetakan I : Maret 2021  
16,24 x 25  
viii, 30 hlm

Hak Cipta dilindungi Undang-undang pada Penulis  
All right reserved

ISBN : 978-602-447-695-3

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku monograf yang berjudul “Pembuatan Biodiesel Dengan Proses Alkoholisis Minyak Biji Karet (*Havea Brasiliensis*) Menggunakan Katalisator Buangan Perengkahan Minyak Bumi Pertamina Unit II Palembang”.

Buku monograf ini diharapkan bisa menjadi tambahan referensi bagi para Akademisi dan Masyarakat pada umumnya dalam rangka menambah khasanah pengetahuan.

Penulis tentunya menyadari bahwa dalam penulisan buku monograf ini masih banyak kekuarangan sehingga saran dan kritik diterima dengan lapang. Terakhir, semoga buku monograf ini memberikan manfaat bagi semua. Aamiin.

Palembang, 5 Maret 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1.Latar Belakang .....	1
1.2.Permasalahan .....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Tanaman Karet ( <i>Hevea Brasiliensis Mull.Arg</i> ) .....	5
2.2. Biji Karet .....	6
2.3. Minyak Biji Karet .....	7
BAB III. TINJAUAN DAN MANFAAT .....	13
3.1. Tujuan .....	13
3.2. Manfaat .....	13
BAB IV. METODE PENELITIAN .....	15
4.1. Jenis Penelitian .....	15
4.2. Tahapan Penelitian .....	15
4.2.1. Bahan Baku dan Peralatan .....	15
BAB V. HASIL YANG DICAPAI .....	19
5.1. Kemajuan yang telah dicapai .....	19
5.2. Hasil Penelitian dan Pembahasan .....	19
DAFTAR PUSTAKA .....	26

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1a. <i>Tahapan Penelitian</i> .....	17
Gambar 1b. <i>Sebab akibat penelitian</i> .....	18
Gambar 2. Hubungan $-\ln(1-x_A)$ dengan waktu dan Suhu.....	20
Gambar 3. Hubungan $-\ln(1-x_A)$ dengan waktu dan persentase katalisator .....	21
Gambar 4. Hubungan $-\ln(1-x_A)$ dengan kecepatan pengadukan .....	23
Gambar 5. Hubungan $-\ln(1-x_A)$ dengan waktu dan perbandingan pereaksi.....	24

## ABSTRAK

Minyak biji karet belum banyak dimanfaatkan. Oleh karena itu, minyak biji karet ini perlu diolah, antara lain dengan proses alkoholisis, memakai katalisator buangan perengkahan minyak bumi Pertamina unit III Palembang, yang juga merupakan limbah, agar dapat dimanfaatkan.

Alkoholisis minyak biji karet pada tekanan lebih dari satu atmosfer dengan katalisator buangan perengkahan minyak bumi Pertamina unit III Palembang, dijalankan dalam reaktor yang berupa autoklaf, yang dilengkapi dengan manometer, termometer, kran pengambil cuplikan, pemanas, dan pengaduk. Mula-mula autoklaf diisi minyak biji karet, alkohol, dan katalisator dengan jumlah tertentu, lalu powerstat pemanas dan pengaduk dihidupkan dan diatur. Cuplikan diambil pada setiap selang waktu 10 menit dan selanjutnya lapisan bawah dianalisis kadar gliserolnya dengan cara asetin.

Pada kisaran tertentu, peningkatan suhu, persentase katalisator, putaran pengaduk, dan perbandingan etanol-minyak, mengakibatkan konversi gliserid bertambah. Alkoholisis minyak biji karet mengikuti reaksi orde satu semu terhadap gliserid. Keadaan proses yang relatif baik, dijumpai pada waktu 60 menit, suhu 110°C, persentase katalisator 2 %, kecepatan pengadukan 310 ppm, dan perbandingan alkohol-minyak 6 mgek/mgek. Pada keadaan itu konversi mencapai 0.7099 bagian.

**Kata Kunci : Alkoholisis, Katalisator.**

## ABSTRACT

Rubber seed oil has not been widely used. Therefore, this rubber seed oil needs to be processed, among others, by means of an alcoholysis process, using a catalyst from Pertamina unit III Palembang cracking oil, which is also a waste, so that it can be utilized.

Alcoholysis of rubber seed oil at a pressure of more than one atmosphere with Pertamina unit III Palembang crude cracking waste catalyst, is carried out in a reactor in the form of an autoclave, equipped with a manometer, thermometer, sampling valve, heater and mixer. First, the autoclave is filled with a certain amount of rubber seed oil, alcohol, and catalyst, then the heating power and mixer are turned on and adjusted. Samples were taken at intervals of 10 minutes and then the lower layer was analyzed for its glycerol content by means of acetone.

In a certain range, an increase in temperature, the percentage of catalyst, the stirrer rotation, and the ethanol-oil ratio, results in increased glyceride conversion. The alcoholysis of rubber seed oil follows a pseudo-first-order reaction to glycerides. The state of the process is relatively good, found at 60 minutes, temperature 110 ° C, percentage of catalyst 2%, stirring speed 310 ppm, and alcohol-oil ratio of 6 mgk / mgk. In that state the conversion reached 0.7099 parts.

**Keywords: Alcoholysis, Catalyst.**





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Minyak bumi merupakan sumber energi yang tidak terbarukan. Peningkatan penggunaan bahan bakar, mengakibatkan persediaan minyak bumi semakin menipis, sehingga jika sumber-sumber baru tidak ditemukan, maka dalam waktu yang tidak terlalu lama, minyak bumi akan habis. Oleh karena itu, perlu diambil langkah-langkah yang mendukung pengembangan sumber-sumber lain di luar minyak bumi dan gas bumi, untuk mendapatkan bahan bakar cair alternatif. Bahan bakar cair lebih disukai karena lebih praktis, terutama untuk keperluan transportasi jarak jauh. Salah satu sumber bahan cair yang mudah didapat di alam adalah minyak nabati.

Pemakaian minyak nabati sebagai bahan baku pengganti minyak disel bukanlah suatu hal yang baru. Rudolp Diesel menciptakan motor disel dengan menggunakan minyak nabati, yaitu minyak kacang tanah, sebagai bahan bakar untuk menjalankan mesinnya. Adanya minyak bumi yang lebih murah, dan kekentalan minyak nabati yang tinggi, mengakibatkan penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar ditinggalkan. Sejak terjadinya krisis energi minyak bumi pada tahun tujuh puluhan, penelitian terhadap pemakaian minyak nabati sebagai sumber bahan bakar motor mendapat perhatian kembali.

Salah satu cara untuk mendapatkan minyak disel adalah alkoholisis, untuk memperoleh gliserol dan ester-ester yang rantainya lebih pendek dan tidak bercabang. Gliserol banyak dipakai pada industri kosmetika, sebagai bahan pelembab, plastik, tekstil, dan sebagai bahan peledak (Francis, 1950), sedangkan ester yang baru

diharapkan dapat digunakan sebagai minyak disel.

Beberapa alkoholisis yang telah dilakukan, adalah alkoholisis minyak biji kapas, dan minyak bunga matahari, dengan katalisator asam atau basa (Freedman dkk., 1984), minyak biji nyamplung dengan katalisator kalium hidroksid (Prasetyaningsih, 1989), minyak biji kapuk dengan katalisator NaOH (Syafi'i, 1993), minyak kapuk dengan katalisator NaOH (Sofiyah dkk., 1995), Minyak Biji Karet dan Minyak Kelapa katalisator  $H_2SO_4$  (Roni, 2009 ; 2010). Semua kegiatan itu dilakukan secara *batch* pada tekanan 1 atm. Di samping itu, juga telah dilakukan alkoholisis minyak goreng bekas dengan katalisator zeolit alam yang diaktifkan, pada tekanan lebih dari satu atmosfer dengan autoklaf yang diputar (Lestari, 1997) dan (Roni, 2011).

Pembuatan biodisel dari minyak biji karet juga telah beberapa kali dilakukan seperti Orchidea Rachmania (2005) yang menggunakan katalis  $H_2SO_4$  untuk reaksi Esterifikasi, Dwi Ardiana Setyawardhani (2009) untuk proses Hidrolisis dan acid pre-treatment dan Khoiriah (2009) yang menggunakan katalis KOH.

Penelitian ini menggunakan minyak biji karet yang merupakan limbah yang banyak sekali khususnya di daerah Sumatera Selatan ( 453.535,2 ton biji karet per tahun, sumber Setiawan dan Andoko, 2006) dan katalisator padat bekas pengolahan minyak bumi yang merupakan limbah B3 oleh BAPEDAL, dan alkoholisis dijalankan pada tekanan lebih dari 1 atm, dalam autoklaf yang dilengkapi dengan pengaduk, proses dengan alat seperti ini belum pernah dilakukan, dan itulah yang mendorong perlunya penelitian ini dilaksanakan.

Minyak Biji karet adalah sebagai bahan mentah pada pembuatan biodisel, karena minyak yang diambil dari biji karet dapat menggantikan peranan dan fungsi solar, yaitu sebagai bahan bakar pengganti minyak

diesel dan untuk sistem pembangkit tenaga listrik. Pengembangan tanaman karet sebagai bahan baku sebagai bahan baku biodiesel mempunyai potensi yang sangat besar, karena selain menghasilkan minyak dengan produktivitas tinggi, tanaman ini juga mempunyai nilai ekonomi yang rendah karena merupakan tanaman nonpangan, dan mampu memproduksi banyak buah sepanjang tahun.

## **1.2. Permasalahan**

1. Bagaimana meningkatkan nilai tambah minyak biji karet dengan mengubah bahan tersebut menjadi eter dan gliserol;
2. Bagaimana memanfaatkan minyak bekas *cracking* Pertamina Unit II Palembang yang selama ini dibuang sebagai limbah;
3. Bagaimana mendapatkan tetapan kecepatan reaksi dan kenetika reaksi etanolisis minyak biji karet dengan katalisator bekas pada tekanan di atas satu atmosfer.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Mull.Arg)

Tanaman karet berasal dari bahasa latin yang bernama *Hevea brasiliensis* yang berasal dari negara Brazil. Karet mulai dikenal di Indonesia sejak zaman kolonial Belanda. Sampai sekarang ada tiga spesies karet yang umum dibudidayakan yaitu *Hevea brasiliensis*, *Hevea spruceana* dan *Hevea puciflora*, namun setelah tanaman karet jenis *Hevea brasiliensis* dikembangkan maka kedua jenis karet lainnya jarang ditanam lagi. Tanaman karet merupakan pohon yang tumbuh tinggi dan berbatang cukup besar, tinggi pohon dewasa mencapai 15-25 meter. Batang tanaman ini mengandung getah yang dikenal dengan lateks. Daun karet terdiri dari tangkai daun utama dan tangkai anak daun. Panjang tangkai daun utama 3-20 cm. Panjang tangkai anak daun sekitar 3-10 cm dan pada ujungnya terdapat kelenjar. Biasanya ada tiga anak daun yang terdapat pada sehelai daun karet. Anak daun berbentuk eliptis, memanjang dengan ujung meruncing. Tepinya rata dan gundul biji karet terdapat dalam setiap ruang buah. Jadi jumlah bijinya biasanya ada tiga kadang enam sesuai dengan jumlah ruang. Ukuran biji besar dengan kulit keras. Warnanya coklat kehitaman dengan bercak-bercak berpola yang khas. Sesuai dengan sifat dikotilnya, akar tanaman karet merupakan akar tunggang. Akar ini mampu menopang batang yang tumbuh tinggi besar. Lebih Lengkapnya stuktur botani tanaman karet ialah tersusun sebagai berikut :

Kindom	: Platea	Famili	: Euphorbiaceae
Divisi	: Magnoliphyta	Tribe	: Micrandreae
Subdivisi	: Angiospermae	Genus	: Hevea

Kelas : Magnoliopsida Species : Hevea brasiliensis  
Mull.Arg  
Ordo : Malpighiales

Hingga tahun 2004 luas areal perkebunan karet di Indonesia sebanyak 3.262.291 ha (Direktorat Jendral Bina Produksi Perkebunan).

Sehingga Indonesia menjadi pemasok utama karet dunia dibawah Thailand dengan volume ekspor Indonesia sebesar 1.482.051 ton/tahun.

Hasil samping lain dari tanaman karet yang selama ini kurang dimanfaatkan adalah biji karet. Kebanyakan di perkebunan biji karet hanya dibiarkan begitu saja jatuh dari pohon sehingga dapat diperoleh dengan harga yang sangat murah.

## **2.2. Biji Karet**

Buah karet berbentuk kotak tiga atau empat. Setelah berumur enam bulan buah akan rusak dan pecah sehingga biji karet terlepas dari batoknya. Biji karet mempunyai bentuk ellipsoidal, dengan panjang 2,5 – 3 cm, yang mempunyai berat 2-4 gram/biji. Biji karet terdiri dari 40-50% kulit yang keras berwarna coklat, 50-60% minyak, 2,71% abu, 3,71% air, 22,17% protein dan 24,21% karbohidrat sehingga biji karet berpotensi digunakan sebagai bahan baku biodiesel (Ikwuagwu et.all., 2000). Biji karet bila dimanfaatkan akan sangat menguntungkan karena jumlahnya melimpah. Di Sumatera Selatan jumlah biji karet kurang lebih 453.535,2 ton biji karet/ tahun (Setiawan dan Andoko, 2006).

Biji karet sebelum dilakukan pengolahan perlu dinilai kesegarannya, tujuannya untuk menentukan biji yang sangat baik dan siap untuk diolah. Penilaian kesegaran ditentukan atas dasar warna penampakan dan keadaan belahan bijinya.

### 2.3. Minyak Biji Karet

Minyak Biji Karet belum banyak dimanfaatkan, minyak biji karet merupakan triglisirida yang tersusun atas asam lemak dan gliserol yang mempunyai rantai karbon panjang, sedangkan asam lemak dapat di alkoholisis dengan alkohol yang mempunyai berat molekul rendah (Groggin, 1985).

Biji karet yang bebas dari cangkangnya mengandung minyak nabati sekitar 40-50% dari beratnya, pengambilan minyak biji karet ini dapat dilakukan dengan cara mekanis atau menggunakan alat press (Syarif, aida 2007).

Dengan tingginya kandungan minyak di dalam biji karet maka merupakan bahan baku yang sangat potensial untuk memproduksi biodisel, sehingga prospek kedepannya dinilai sangat baik.

Minyak nabati dan lemak hewan merupakan senyawa yang tidak larut dalam air dan merupakan kondensasi satu molekul gliserol dengan tiga molekul asam lemak membentuk trigliserid. Pada umumnya asam lemak penyusun gliserid mempunyai rantai atom C lebih dari 16 (Kirk and Othmer, 1980).

Alkoholisis adalah reaksi pemecahan suatu senyawa dengan alkohol. Minyak nabati, bila dialkoholisis dengan alkohol berantai pendek, menghasilkan gliserol dan ester-ester yang lebih sederhana. Ester-ester inilah yang diharapkan dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti disel.

Pada umumnya alkohol dengan atom karbon rendah, lebih reaktif dari pada alkohol dengan atom karbon tinggi (Kirk and Othmer, 1978). Alkohol yang biasa gunakan dalam alkoholisis, antara lain metanol dan etanol, yang keaktifannya lebih tinggi dibandingkan dengan propanol dan butanol. Di beberapa tempat, etanol lebih mudah didapat daripada metanol. Kecuali itu, kelarutan minyak didalam



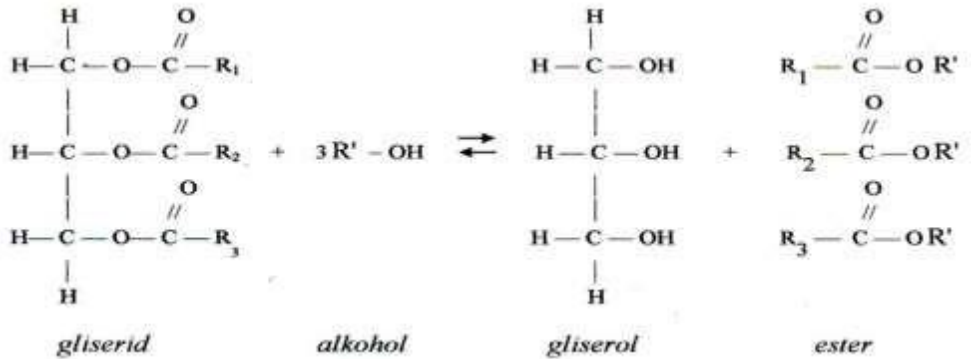
etanol lebih tinggi daripada di dalam metanol (Bailey, 1945), sehingga lebih banyak dipilih etanol, agar reaksi berlangsung dalam satu fase.

Proses alkoholisis telah diterapkan terhadap beberapa minyak nabati seperti minyak biji karet (Andaka, 1990 ; Purwaningsih, 1987 ; Mulyono, 1987), minyak mahoni (Pratiwi, 1989), dan minyak biji jarak (Wiratni, 1995 ; Widiono, 1995), minyak biji kapas, minyak kacang tanah, minyak bunga matahari (Freedman dkk., 1984), minyak biji nyamplung (Prasetyaningsih, 1989 ; Farouq, 1985), minyak biji kapuk (Syafi'i, 1993 ; Sofiyah, 1995), dan minyak goreng bekas (Lestari, 1997). Alkoholisis lemak hewan jarang dilakukan, karena harga bahan baku lemak relatif mahal, dan jumlahnya sangat terbatas.

Proses alkoholisis dapat dijalankan secara *batch* dan sinambung. Proses *batch* dapat menggunakan labu leher tiga ataupun autoklaf. Labu leher tiga dapat dipakai untuk menyelenggarakan alkoholisis dengan semua jenis katalisator, tetapi proses hanya dapat berlangsung pada titik didih cairan, sedangkan dengan autoklaf, jenis katalisator lebih terbatas, misalnya pemakaian asam atau garam sebagai katalisator, dapat menyebabkan korosi pada autoklaf. Tetapi, kelemahan ini dapat diatasi dengan memakai autoklaf dari baja tak berkarat (*stainless steel*), sebaliknya dalam autoklaf proses dapat berjalan pada suhu yang lebih tinggi dalam fase cair, sehingga reaksi berlangsung lebih cepat. Proses sinambung dilaksanakan dalam reaktor kolom tegak, dengan alat pencampur yang dapat berupa pengaduk, pulsa, atau gas inert. Tetapi pelaksanaan proses lebih sulit, diperlukan bahan baku yang lebih banyak, dan waktu yang lebih panjang.

Untuk mempercepat reaksi, dan mengeser keseimbangan ke kanan, maka variabel yang berpengaruh antara lain waktu reaksi, konsentrasi pereaksi, pencampuran, suhu, katalisator, dan perbandingan

pereaksi, perlu dikendalikan. Persamaan reaksi alkoholisis minyak nabati dapat ditulis sebagai berikut :



Dengan R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, dan R' adalah gugus alkil.

**Waktu reaksi.** Ester yang diperoleh bertambah dengan meningkatnya waktu reaksi, sampai waktu tertentu. Pada tahap awal, reaksi ke kiri hanya sedikit, sehingga dapat dianggap reaksi hanya berlangsung ke kanan. Makin panjang waktu reaksi, makin banyak hasil yang diperoleh, karena kesempatan zat-zat pereaksi untuk saling bertumbukan makin besar. Pada alkoholisis minyak kacang tanah dengan metanol memakai katalisator NaOCH<sub>3</sub>, setelah reaksi berlangsung selama 1 menit, 30 menit, dan 60 menit, konversi masing-masing mencapai 54 %, 94 %, dan 96 (Freedman dkk., 1984). Konversi minyak sawit, jika di alkoholisis dengan etanol memakai katalisator amberlyst-15 mencapai 42 % dalam waktu 60 menit (Wiranto, 1986), minyak jarak dengan metanol dan katalisator NaOH lebih dari 70 % dalam Waktu 60 menit (Widiono, 1995), sedangkan minyak goring bekas dengan katalisator Zeolit alam yang diaktifkan lebih dari 70 % dalam waktu 60 menit (Lestari, 1997).

**Konsentrasi pereaksi.** Semakin murni zat pereaksi yang dipakai, maka jumlah molekul yang mungkin bertumbukan akan bertambah, sehingga mempercepat terjadinya reaksi. Minyak yang dipakai sebaiknya bersih dan kering. Alkohol pun harus berkadar tinggi, tetapi

bahan alkohol absolut mahal harganya (Bailey, 1945). Yang biasa dijumpai dipasaran ialah alkohol 94 - 95,5 %. Etanolisis minyak biji kapuk menggunakan alkohol 94,01 % (Silawati, 1994), minyak biji karet dengan etanol 94,96 % (Andaka, 1990), minyak jarak pagar memerlukan alkohol 94,3 (Junaedi, 1995), minyak goreng bekas memakai etanol 93 % (Lestari, 1997), sedangkan methanol 98,7 % untuk minyak biji jarak (Widiono, 1995).

**Pencampuran.** Supaya reaksi berjalan baik, diperlukan pencampuran yang baik. Salah satu cara pencampuran ialah pengadukan, untuk memperbesar turbulensi, sehingga meningkatkan tumbukan antara molekul-molekul zat pereaksi meningkat. Pada reaktor *batch* yang berupa labu leher tiga, pencampuran dapat dilakukan dengan pengaduk merkuri, dengan kecepatan antara 370 sampai 1425 ppm (Pratiwi, 1996 ; Setyawati, 1994 Sofiyah, 1995 Wiratni, 1995), atau dengan pengaduk magnet. Sebaliknya, reaksi dalam autoklaf, pencampuran dilaksanakan dengan memutar alat itu dengan kecepatan 50 - 150 ppm (Andaka, 1990; Farouq, 1995). Pada autoklaf yang dilengkapi pengaduk, kecepatan pengadukannya mungkin bisa lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan autoklat yang diputar, dan ini belum dilakukan. Pencampuran zat-zat pereaksi dalam reaktor berpulsa dikerjakan dengan menggerakkan naik turun lempeng-lempeng yang ada dengan kecepatan 250 - 450 gerakan per menit (Widiono, 1995).

**Suhu.** Hubungan antara tetapan kecepatan reaksi dengan suhu sesuai dengan persamaan Arrhenius, yakni makin tinggi suhu (sampai batas tertentu), makin cepat jalannya reaksi. Suhu proses dipengaruhi oleh katalisator yang digunakan. Alkoholisis minyak nabati dengan katalisator asam, berlangsung pada suhu yang agak tinggi, sedangkan dengan katalisator basa, reaksi dapat terjadi pada suhu yang mendekati titik didih normal alkohol, bila dipakai katalisator natrium, reaksi dapat

berlangsung pada suhu lingkungan, dan jika tanpa katalisator alkoholisis berlangsung diatas suhu 250 °C (Kirk and Othmer, 1980). Pada alkoholisis minyak biji karet, suhu mencapai 85 °C (Purwaningsih, 1987 ), minyak biji kapuk 82 °C (Sofiyah, 1988), minyak biji nyamplung 80 °C (Prasetyaningsih, 1989), minyak biji karet dengan autoklaf, suhu yang dicapai 100 °C (Andaka, 1990), dan pada alkoholisis minyak goreng bekas 125 °C.

**Katalisator.** Katalisator berfungsi untuk mengaktifkan zat-zat pereaksi, sehingga menyebabkan tumbukan antara zat-zat pereaksi makin besar. Beberapa katalisator yang umumnya dipakai dalam laboratorium dan industri antara lain, asam, basa, damar penukar ion, dan natrium metoksida (Groggins, 1987). Andaka (1989) menggunakan katalisator asam klorida 11,67 mgrek/L, untuk mengalkoholisasi minyak karet dengan etanol, dan diperoleh hasil 83,51 %. Alkoholisis minyak biji nyamplung dengan katalisator KOH 0,30 g/L, pada suhu 80 °C mencapai konversi 77,46 % (Prasetyaningsih, 1989), sedangkan dengan katalisator amberlyst-15 pada suhu 100 °C diperoleh hasil 70,47 % (Faroug, 1995). Purwaningsih (1987) memakai dua jenis katalisator, yaitu soda api dan damar penukar kation, dan ternyata kecepatan reaksi pada tahap awal, lebih tinggi dengan dua jenis katalisator, dari pada yang menggunakan satu jenis katalisator.

Pemakaian katalisator penukar ion lebih menguntungkan dari pada katalisator asam maupun basa, karena katalisator mudah dipisahkan dari hasil secara penyaringan atau dekantasi, dan setelah dipisahkan katalisator dapat digunakan lagi (Retnowati, 1995). Katalisator asam sering menimbulkan hasil yang warnanya agak gelap dan diperlukan jumlah katalis dan waktu lebih banyak. Sebaliknya, pemakaian katalisator basa sering menimbulkan kesulitan dalam pemisahan hasil.

**Perbandingan pereaksi.** Peningkatan perbandingan molar alkohol-minyak akan memperbesar hasil yang diperoleh. Kelebihan salah satu zat pereaksi akan menyebabkan reaksi bergeser ke kanan. Kecuali itu, pemakaian zat pereaksi berlebihan akan memperbesar frekuensi tumbukan, sehingga tetapan kecepatan reaksi bertambah. Alkoholisasi minyak bunga matahari dengan metanol, dengan perbandingan mol alkohol-minyak 3:1 dan 6:1 mencapai konversi 82 % dan 98 %. Tetapi, pada perbandingan yang lebih besar lagi, hasil tidak banyak pertambahannya (Freedman dkk., 1984). Pada metanolisis minyak jarak, memakai katalisator NaOH 1%. dan perbandingan metanol-minyak 6:1, diperoleh hasil cukup besar meskipun dilaksanakan pada suhu lingkungan. Dengan perbandingan pereaksi 7,75 meq etanol/meq minyak biji karet, diperoleh konversi 83,51 % (Andaka, 1989), sedangkan dengan 4,86 ekivalen etanol/ekivalen minyak kacang tanah, dicapai konversi 52 % (Setyawati, 1994).

## **BAB III**

### **TUJUAN DAN MANFAAT**

#### **3.1. Tujuan**

##### **Tujuan Penelitian ini adalah:**

1. Untuk mengetahui kenetika reaksi etanolisis minyak biji Karet dengan katalisator bekas pada tekanan di atas satu atmosfer, dan b) sifat-sifat ester hasil sebagai bahan bakar motor disel.
2. Untuk mengetahui apakah pemanfaatan biji karet dalam aplikasi pengembangan pembuatan bahan bakar alternatif cocok untuk masyarakat kabupaten MUBA. Untuk mengetahui pemanfaatan biji karet cukup impresif memunculkan motivasi dan ide kreatif masyarakat MUBA dan menggunakannya dalam proses pembuatan bahan bakar alternatif.

#### **3.2. Manfaat**

##### **Manfaat Penelitian ini adalah sebagai berikut:**

1. Untuk negara dan masyarakat :
  - a. Meningkatkan nilai tambah minyak biji karet dengan mengubah bahan itu menjadi ester dan gliserol,
  - b. mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buah karet yang jatuh sendiri, dan berserakan pada waktu berbuah,
  - c. memanfaatkan katalisator bekas proses crecking Pertamina unit II Palembang sebagai katalisator, yang selama ini hanya dibuang, sebagai limbah B3 sehingga biaya pengolahan limbah dapat dikurangi.

2. Untuk Ilmu Pengetahuan : diperoleh data tetapan kecepatan etanolisis minyak biji karet meakai katalisator bekas dengan tekanan lebih dari 1 atm.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Jenis Penelitian**

##### **Eksperimen**

#### **4.2 Tahapan Penelitian**

Penelitian ini diperlukan waktu selama dua tahun dengan tahapan sebagai berikut :

##### **Tahap pertama :**

Pada tahun pertama dilakukan tahap persiapan meliputi : 1. Pengambilan biji karet dari daerah perkebunan karet Musi Banyu Asin (MUBA), kemudian pengolahan sampel berupa pengulitan, pemecahan dan pengepressan di Laboratorium Balai Perindustrian Palembang 2. Analisa sampel minyak biji karet terhadap kandungan Asam Lemak Bebas dan Trigeliserida di Laboratorium Balai Perindustrian Palembang 3. Pengambilan Katalisator bekas proses crecking pengolahan minyak bumi di Pertamina Unit II Palembang 4. Dan Pembuatan alat proses (*Autoklaf*) di Laboratorium Proses Industri Kimia, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

##### **4.2.1. Bahan baku dan Peralatan**

Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

**Minyak biji karet** diperoleh dengan cara mengempa biji karet akan diambil dari daerah perkebunan Musi Banyu Asin (MUBA), Sumatera Selatan. Setelah dikeringkan, dikuliti, dan dihaluskan, minyak biji kepuh diambil dengan cara pengempaan memakai alat *Hydraulic press*.

**Etanol** akan didapat dari pasaran di sekitar Palembang, Sumatera Selatan.

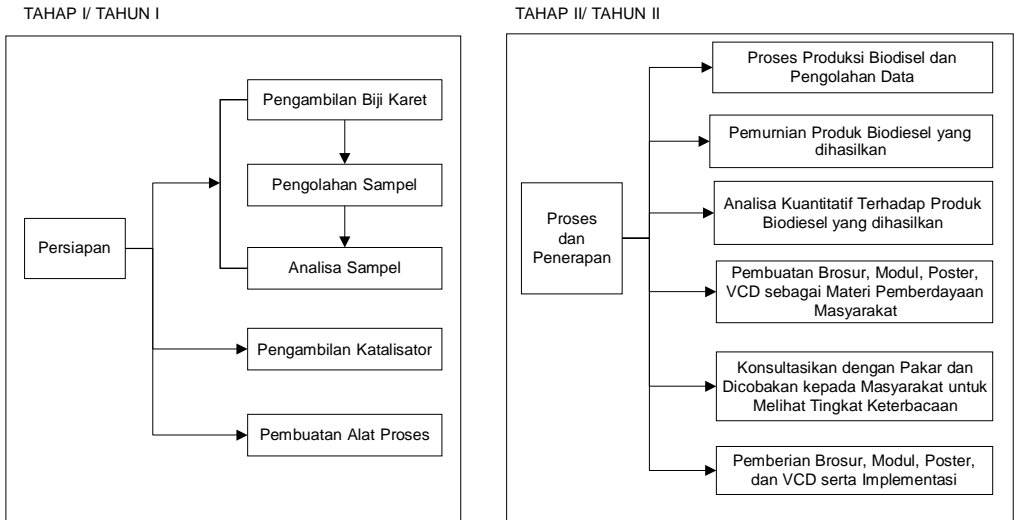


**Katalisator padat** berupa serbuk zeolit bekas katalisator proses Perengkahan Pertamina Unit II Palembang, yang berwarna abu-abu tua. Untuk menghilangkan carbon yang terjerap, maka katalisator bekas itu dipanaskan di dalam oven pada suhu iebih dari 400 °C sehingga warnanya berubah menjadi abu-abu muda. Zat padat ini yang akan digunakan sebagai katalisator.

### **Tahap kedua**

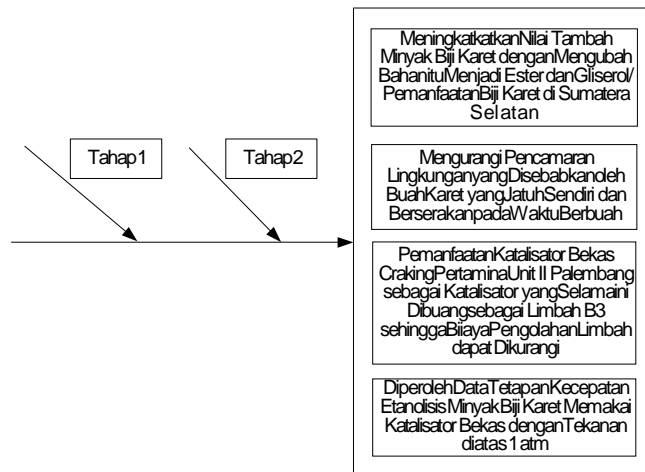
Tahap kedua ini adalah tahap proses produksi biodiesel (*Alkoholisis*), Pemurnian produk biodiesel yang dihasilkan dari kandungan gliserol, air dan sisa etanol, kedua proses ini dilakukan di laboratorium PIK Jurusan Teknik Kimia FT-UMP, Analisa Kuantitaif dan Kualitatif terhadap produk biodiesel yang dihasilkan dilaksanakan di Laboratorium Pertamina Unit II Palembang dan laboratorium PIK Jurusan Teknik Kimia FT-UMP, Pengolahan data terhadap berbagai pengaruh variabel pada kualitas dan kuantitas biodisel.

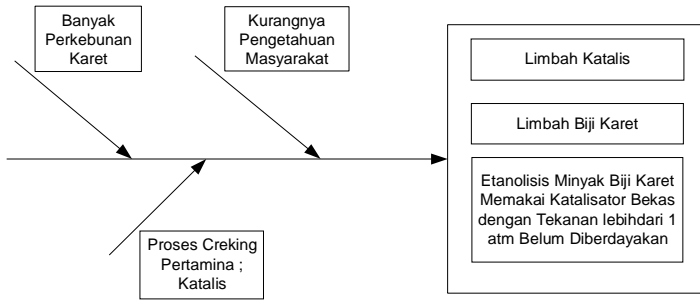
Penelitian untuk tahap ke dua ini bertujuan untuk melakukan transfer dari sebuah proses keilmiahan tentang mekanisme alkoholisis minyak biji karet dengan menggunakan katalisator bekas pada tekanan diatas satu atmosfer, sebagai tahapan penelitian yang pertama dan kedua. Untuk lebih jelasnya tentang tahapan penelitian ini dapat dilihat pada diagram berikut ini :



Gambar 1a. *Tahapan Penelitian*

Untuk Penerpan yaitu pembuatan brosur, modul, poster dan penyuluhan dapat dibuat kegiatan Pengabdian pada Masyarakat.





Gambar 1b. *Sebab akibat penelitian*

## **BAB V**

### **HASIL YANG DICAPAI**

#### **5.1. Kemajuan yang telah dicapai :**

##### **Tahap I**

1. Sudah tersedianya bahan baku penelitian yang berupa minyak biji karet;
2. Sudah tersedianya katalisator penelitian;
3. Sudah tersedianya alat proses penelitian (*autoclaf*);
4. Sudah tersedianya alat dan bahan penunjang penelitian;

##### **Tahap II**

1. Diperoleh data sifat-sifat ester hasil sebagai bahan bakar motor disel.
2. Diperoleh data kinetika reaksi etanolisis minyak biji karet dengan katalisator bekas pada tekanan di atas satu atmosfer
3. Diperoleh data tetapan kecepatan etanolisis minyak biji karet memakai katalisator bekas dengan tekanan lebih dari 1 atm.

#### **5.2. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

##### **Pengaruh suhu reaksi**

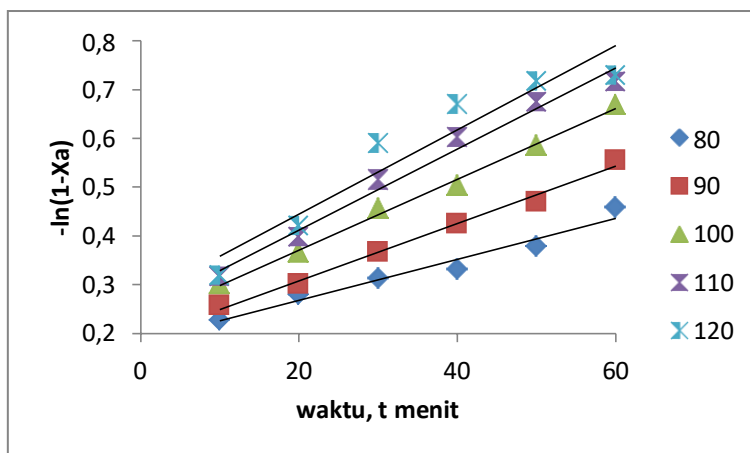
Pengaruh suhu reaksi dapat dilihat pada daftar I. Makin tinggi suhu reaksi, konversi makin bertambah, sebab gerakan molekul-molekul pereaksi makin besar.

## Daftar I. Pengaruh suhu reaksi

(kecepatan pengaduk 300 ppm, etanol/minyak = 6 mgek/mgek,  
katalisator 2 % berat minyak)

Waktu, menit	Konversi, x bagian, pada suhu				
	80°C	90 °C	100 °C	110 °C	120 °C
10	0,2276	0,2578	0,3013	0,3169	0,3186
20	0,2800	0,3011	0,3656	0,3979	0,4211
30	0,3132	0,3675	0,4552	0,5145	0,5890
40	0,3322	0,4256	0,5023	0,6012	0,6700
50	0,3776	0,4701	0,5844	0,6745	0,7168
60	0,4589	0,5557	0,6692	0,7157	0,7293

Hubungan  $-\ln(1-x_A)$  dengan waktu, t menit, ternyata titik titiknya mendekati garis lurus (gambar 2).



Gambar 2. Hubungan  $-\ln(1-x_A)$  dengan waktu dan Suhu

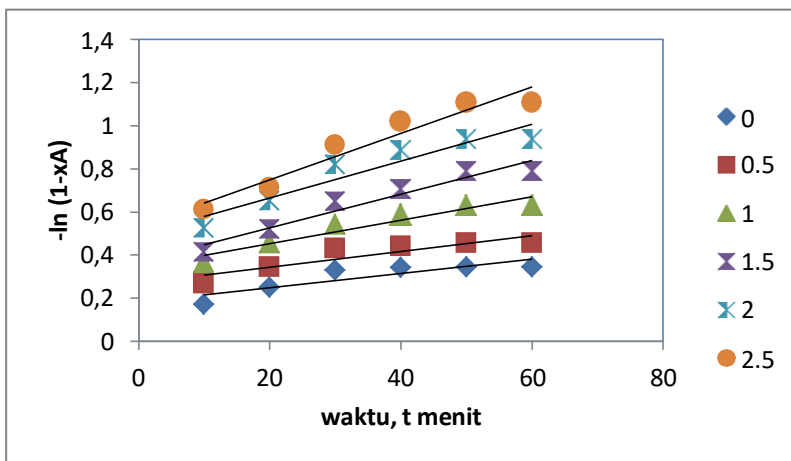
## Pengaruh persentase katalisator

Dari daftar II tampak bahwa konversi gliserid meningkat dengan naiknya persentase katalisator, karena zat-zat pereaksi yang teraktifkan makin banyak, sehingga tumbukan yang terjadi makin besar.

## Daftar II. Pengaruh persentase katalisator

(Suhu 110°C , kecepatan pengaduk 300 ppm, etanol/minyak = 6 mgek/mgek)

Waktu, menit	Konversi, x bagian, pada persentase katalisator					
	0 %	0,5 %	1 %	1,25 %	1,5 %	2%
10	0,1577	0,2221	0,2811	0,2900	0,2922	0,3021
20	0,2356	0,2912	0,3499	0,3562	0,3664	0,3962
30	0,3056	0,3656	0,4187	0,4432	0,4671	0,5071
40	0,33787	0,4052	0,4765	0,5054	0,5456	0,6056
50	0,4088	0,4786	0,5587	0,5877	0,6099	0,6789
60	0,4574	0,5091	0,5979	0,6390	0,6678	0,7099



Gambar 3. Hubungan  $-\ln(1-x_A)$  dengan waktu dan persentase katalisator

### Pengaruh Kecepatan Putaran Pengadukan

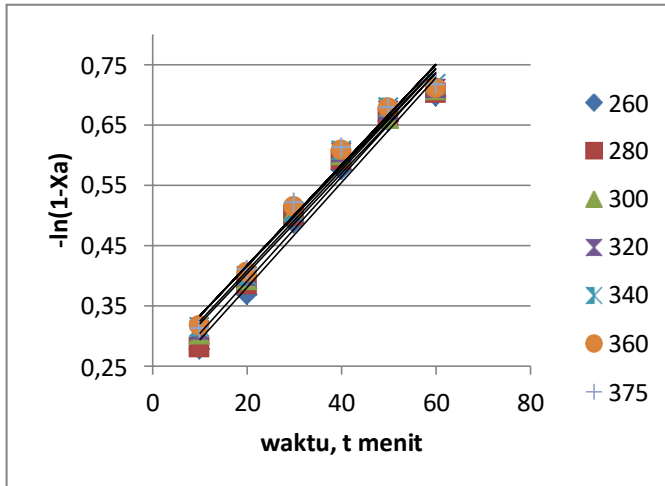
Pada daftar III dapat dilihat bahwa, konversi gliserid makin meningkat dengan bertambahnya kecepatan putaran pengaduk, karena gerakan molekul-molekul zat pereaksi menjadi makin besar, sehingga tumbukan juga bertambah. Tetapi, kenaikan konversi tidak besar. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa reaksi kimia yang menentukan kecepatan reaksi keseluruhan.

Kalau di buat grafik hubungan  $-\ln(1-x_A)$  dengan waktu, t menit, nampak bahwa titik-titik yang diperoleh tidak banyak menyimpang letaknya dari garis-garis lurus yang terbentuk (gambar 4). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa reaksi alkoholisis minyak biji karet dengan katalisator padat, dikendalikan oleh reaksi kimia yang berorde satu semu terhadap gliserid.

### Daftar III. Pengaruh kecepatan pengaduk

(Suhu 110 °C , katalisator 2 % berat minyak, etanol/minyak = 6 mgek/mgek)

Waktu, menit	Konversi, x bagian, pada kecepatan putaran pengaduk						
	260 ppm	280 ppm	300 ppm	320 ppm	340 ppm	360 ppm	375 ppm
10	0,2785	0,2811	0,3034	0,3091	0,3145	0,3173	0,3124
20	0,3689	0,3850	0,3932	0,3986	0,3997	0,4057	0,4098
30	0,4868	0,4994	0,5067	0,5036	0,5056	0,5146	0,5214
40	0,5757	0,5924	0,5999	0,6039	0,6068	0,6077	0,6125
50	0,6556	0,6627	0,6600	0,6739	0,6788	0,6779	0,6787
60	0,6978	0,7029	0,7078	0,7094	0,7180	0,7108	0,7165



Gambar 4. Hubungan  $-\ln(1-x_A)$  dengan kecepatan pengadukan

### Pengaruh perbandingan ekuvalen etanol-minyak

Makin besar perbandingan ekuvalen etanol-minyak, maka kemungkinan tumbukan antara zat-zat pereaksi menjadi makin besar (lihat daftar IV). Hubungan antar  $-\ln(1-x_A)$  dengan waktu,  $t$ , berupa garis-garis lurus juga. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi berorde satu semu terhadap gliserid.

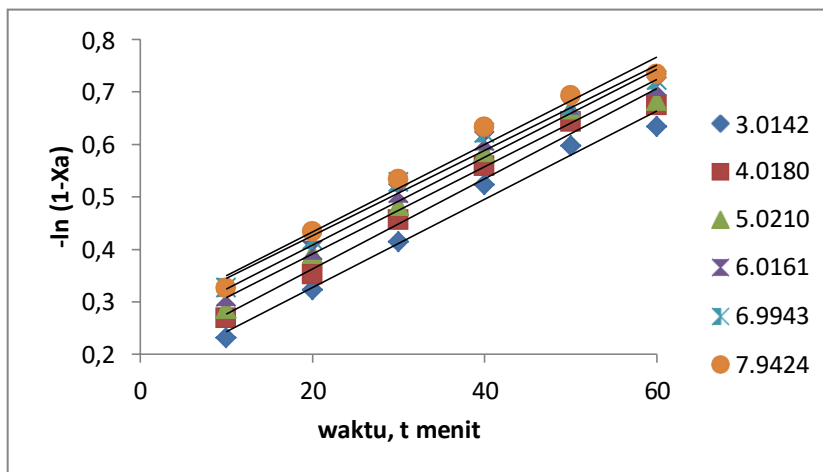
#### Daftar IV. Pengaruh bandingan pereaksi

(Suhu  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  , kecepatan pengaduk 320 ppm, katalisator 2 % berat minyak)

Waktu, menit	Konversi, x bagian, pada perbandingan ekuvalen					
	3,0142	4,0180	5,0210	6,0161	6,9943	7,9424
10	0,2311	0,2681	0,2867	0,3089	0,3260	0,3254
20	0,3223	0,3521	0,3914	0,3978	0,4180	0,4334
30	0,4143	0,4553	0,4834	0,5066	0,5275	0,5323
40	0,5223	0,5583	0,5854	0,6055	0,6210	0,6323
50	0,5965	0,6423	0,6668	0,6743	0,6737	0,6923



60	0,6334	0,6743	0,6832	0,7099	0,7221	0,7333
----	--------	--------	--------	--------	--------	--------



Gambar 5. Hubungan  $-\ln(1-X_A)$  dengan waktu dan perbandingan pereaksi

### Pembandingan hasil

Hasil penelitian ini, jika dibandingkan dengan hasil penelitian lain, ternyata semuanya berorde satu semu dan konversi gliserid tidak berbeda jauh (daftar V).

### Daftar V. Perbandingan etanolisis

(minyak karet, minyak biji nyamplung, minyak biji karet, minyak biji jarak pagar, minyak jarak, dan minyak goreng bekas)

	Minyak Karet	Minyak Biji nyamplung	Minyak biji kepuh	Minyak jarak pagar	Minyak biji jarak	Minyak goreng bekas
Waktu, menit	60	60	60	60	60	60
Suhu tertinggi, °C	120	120	120	120	100	120
Tekanan,	2,6	3,6	2,6	5,01	4,3	4,5

<b>atm</b>						
<b>Katalisator</b>	Bekas Padat	Amberlyst-15	Bekas Padat	NaOH	NaOH	Ziolit Alam
<b>Jumlah katalisator</b>	2 % berat minyak	0,1071 g/gminyak	2 % berat minyak	0,7138 %	0,5 %	2,31 %
<b>Etanol/minyak mg/merk</b>	6	10,3317	6	10,4	3,345,16	6
<b>Orde reaksi</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Konversi, %</b>	70,99	70,47	70,91	84,61	64,60	74,47

## DAFTAR PUSTAKA

- Andaka, G., 1990, "Alkoholisis Minyak Biji Karet dengan Etanol pada Tekanan lebih dari Satu Atmosfer Memakai Katalisator Asam Khlorid", Laporan Penelitian, Laboratorium Proses Kimia, jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Bailey, A. E., 1945, "Industrial Oil and Fat Product", 2 ed., pp 666-686, Interscience Pulisher, Inc. New York.
- Ardiana, D., 2009, "Peningkatan kualitas biodiesel dari minyak biji karet dengan hidrolisis dan acid pre-treatment, LPPM UNS.
- Faroug, U., 1995, "Alkoholisis Minyak Biji Nyamplung dengan Etanol Memakai Katalisator Amberlyst-15 pada Suhu di Atas Titik Didih Normal", Laporan Penelitian, Laboratorium Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Fieser, L. P. and Fieser, M., 1957, "Intruduction to Organik Chemistry", pp. 60 - 88, Heath, D.C. and Company, Boston.
- Francis, M. T., 1950, "The Chemical Dictionary", 4 ed., p. 502, Reinhold Pulishing Corporation, New York.
- Freedman, B., Pryde, E. H., and Mount, T. L., 1984, "Variables affecting the Yields of Fatty Ester from Transesterified Vegetable Oils", *JAOCs*, 61, 1638-1642.
- Griffin, R. C., 1955, "Technical Methods of Analysis", 2 ed., pp. 107-110, McGrawHill Book Company, Inc., New York.
- Groggins, P. H., 1958, "Unit Processes in Organics Synthesis", 5 ed., pp. 670-728, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Hawley, G. G., 1981, "The Condensed Chemical Dictionary", 10 ed., p. 678, Van Nostran Reinhold Company, London.
- Hill Jr, C.G., 1977, "An Introduction to Chemical Engineering Kinetics & Reaktor Design" pp. 220-226, John Wiley and Sons, Inc., New York.

- Hooke, R. and Jeeves, T.A., 1961, "Direct Search Solution of Numerical and Statistical Problems", *J. Assoc. Comp. Mach.*, 2- 8.
- Johnstone, R. E. and Thring, M. W., 1957, "*Pilot Plant Models and Scale Up Method in Chemical Engineering*", pp. 66-67, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Junaedi, P., 1985, "Alkoholisis Minyak Jarak Pagar dengan Katalisator Natrium Hidroksid pada Tekanan di atas Satu Atmosfer", Laporan Penelitian, Laboratorium Proses Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1978, "Encyclopedia of Chemical Technology", Vol. 5, pp. 817-819, Interscience Encyclopedia, Inc., New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1980, "Encyclopedia of Chemical Technology", Vol. 9, 3 ed., pp. 306-308, John Wiley and Sons, New York
- Lestari, R.A.S., 1997, "Alkoholisis Minyak Goreng Bekas pada Tekanan Lebih dari satu Atmosfer dengan Katalisator Zeolit Alam yang Diaktifkan", Tesis diajukan pada Fakultas Pasca Sarjana UGM Yogyakarta.
- Mulyono, A.E., 1987, "Alkoholisis Minyak Biji Karet dengan Etanol Memakai Katalisator Asam Sulfat", Laporan Penelitian, Laboratorium Proses Kimia, Jurusan Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Perry, J.H. and Green, D.W., 1984, "Chemical Engineers' Handbook", 6 ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Pramulyo, J.H., 1997 " Etanolisis Minyak Biji Kepuh dengan Katalisator Kalium Karbonat pada Tekanan diatas satu Atmosfer", Laboratorium Proses Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Prasetyaningsih, E., 1989, "Alkoholisis Minyak Biji Nyamplung dengan

- Katalisator Kalium Hidroksid", Laporan Penelitian, Laboratorium Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pratiwi, W. D., 1989, "Alkoholisis Minyak Biji Mahoni dengan Etanol Memakai Katalisator Asam Sulfat", Laporan Penelitian, Laboratorium Proses Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pupung, P. L., 1985, "Beberapa Minyak Nabati yang Memiliki Potensi sebagai Bahan Bakar Alternatif untuk Motor Diesel", *Lembaran Publikasi Lemigas*, 4, 34 35
- Purwaningsih, I. S., 1987, "Kinetika Alkoholisis Minyak Biji Karet", Tesis diajukan kepada Fakultas Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Ratnaningsih, L., 1992, "Alkoholisis Minyak Sawn dengan Metanol Memakai Katalisator Asam Sulfat", Laporan Penelitian, Laboratorium Proses Kimia, Jurusan teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Retrijowati, D. S., 1995, "Kinetika Reaksi Esterifikasi Etil Alkohol dan Asam Butiran dengan Katalisator Amberlyst IR-120", Tesis diajukan kepada Fakultas Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Roni, K.A., 2009, "Alkoholisis Minyak Biji Karet dengan Katalisator Asam Sulpat pada Tekanan satu Atmosfer", Laporan Penelitian, LP2M, Universitas Palembang.
- Roni, K.A., 2010, "Alkoholisis Minyak Kelapa pada Tekanan satu Atmosfer", Laporan Penelitian, LP2M, Universitas Palembang.
- Roni, K.A., 2011, "Alkoholisis Minyak Biji Karet dengan Natrium Hidroksida pada Tekanan satu Atmosfer", Laporan Penelitian, LP2M, Universitas Palembang.
- Setyawati, 1994, "Alkoholisis Minyak kacang Tanah dengan Etanol Memakai Katalisator Natrium Hidroksid", Laporan Penelitian, Laboratorium Proses Kimia, Jurusan teknik Kimia, Fakultas

- Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Shadily, H., 1982, "Ensiklopedi Indonesia", vol.3., p. 1747, Ichtiar Baru Van Hoeve, Jakarta.
- Silawati, T., 1994, "Etanolisis Minyak Kapuk dengan Katalisator Asam Klorid", *Naskah Seminar*, Laboratorium Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Smith, J.M., 1981, "*Chemical Engineering Kinetics*", McGraw-Hill International Book Co., Singapore.
- Sofiyah, Agra, I. B., and Bendiyasa, I. M., 1995, "Kinetika Reaksi Etanolisis Minyak Biji Kapuk dengan Katalisator Natrium Hidroksid dan Penambahan Garam Anorganik", *BPPS-UGM*, 9, (1 C), 15-27.
- Syafi'i, A., 1993, "Alkoholisis Minyak Biji Kapuk dengan Metanol Memakai Katalisator Natrium Hidroksid", Laporan Penelitian, Laboratorium Proses Kimia, Jurusan teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Syarif, Aida, 2007, "Penurunan kandungan sianida dalam minyak biji karet dengan pengeringan", Politeknik negeri Sriwijaya, Palembang.
- Widiono, B., 1995, "Alkoholisis Minyak Biji Jarak dalam Reaktor Kolom Berpuls secara Sinambung ditinjau dari Segi Kinetika", Tesis diajukan kepada Fakultas Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Westerterp, K. R., Swaaij, W. P. M. V., and Beenackers, A. A. C. M., 1984, "*Chemical Reactoris Design and Operation*", P. 16, John Wiley and Sons, New York.
- Wiranto, M., 1986, "Alkoholisis Minyak Sawit dengan Etanol", *Naskah Seminar*, Laboratorium Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Wiratni, 1995, "Etanolisis Minyak Jarak dengan Katalisator Asam Sulfat secara *Batch* dalam dua Tahap", Laporan Penelitian, Laboratorium Proses Kirnia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.