

**PENGARUH UKURAN ZEOLIT TERAKTIVASI BASA  
TERHADAP ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS (*Free Fatty  
Acid*) DAN AIR PADA MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha  
curcas*) DALAM SISTEM KOLOM KROMATOGRAFI**

**SKRIPSI**

oleh :

**AKHMAD KHOLISUL FUAD  
0510923004-92**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2010**

**PENGARUH UKURAN ZEOLIT TERAKTIVASI BASA  
TERHADAP ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS (*Free Fatty  
Acid*) DAN AIR PADA MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha  
curcas*) DALAM SISTEM KOLOM KROMATOGRAFI**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

oleh :

**AKHMAD KHOLISUL FUAD**

**0510923004-92**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2010**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGARUH UKURAN ZEOLIT TERAKTIVASI BASA  
TERHADAP ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS (*Free Fatty  
Acid*) DAN AIR PADA MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha  
curcas*) DALAM SISTEM KOLOM KROMATOGRAFI**

oleh :

**AKHMAD KHOLISUL FUAD  
0510923004-92**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal.....  
Dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Kimia**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Bambang Poerwadi, MS  
NIP. 19600126 198603 1 001**

**Ulfa Andayani, S.Si., M.Si  
NIP. 19700929 199412 2 001**

**Mengetahui  
Ketua Jurusan Kimia  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Dr. Sasangka Prasetyawan, MS  
NIP. 19630404 198701 1 001**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

**Nama** : Akhmad Kholisul Fuad

**NIM** : 0510923004-92

**Jurusan** : Kimia

**Penulis skripsi berjudul :**

**Pengaruh ukuran zeolit teraktivasi basa terhadap adsorpsi asam lemak bebas (*free fatty acid*) dan air pada minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*) dalam sistem kolom kromatografi.**

**Dengan ini menyatakan bahwa :**

- 1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.**
- 2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.**

**Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.**

**Malang, Maret 2010**

**Yang menyatakan,**

**(Akhmad Kholisul Fuad)**

**NIM. 0510923004-92**

**PENGARUH UKURAN ZEOLIT TERAKTIVASI BASA  
TERHADAP ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS (*Free Fatty  
Acid*) DAN AIR PADA MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha  
curcas*) DALAM SISTEM KOLOM KROMATOGRAFI**

**ABSTRAK**

Penulis telah melakukan penelitian tentang pengaruh ukuran partikel pada kemampuan adsorpsi zeolit alam Turen terhadap asam lemak bebas dan air pada minyak jarak pagar. Zeolit berfungsi sebagai adsorben yang sebelumnya telah diaktivasi dengan NaOH 0,5 N. Kemampuan adsorpsi ditentukan berdasarkan variasi ukuran zeolit -20+30, -30+40, -40+60, -60+80, dan -80+100 *mesh*. Penelitian ini dilakukan dalam kolom dengan tekanan 6300 kg/ms<sup>2</sup>, massa zeolit sebanyak 80 g, diameter kolom 2 cm, dan panjang kolom 30 cm. Penentuan asam lemak bebas yang teradsorpsi didasarkan pada persen angka asam sebelum dan sesudah proses adsorpsi. Angka asam ditentukan secara titrasi alkalimetri menggunakan NaOH 0,1 N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik zeolit yang teraktivasi maupun tidak teraktivasi mengadsorpsi asam lemak bebas secara optimal pada ukuran -80+100 *mesh*. Zeolit teraktivasi memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik (39,3 %) daripada zeolit tanpa aktivasi (34,5 %). Sedangkan dalam kemampuannya mengadsorpsi air, zeolit teraktivasi dan tidak teraktivasi memberikan hasil yang sama, dengan rata-rata penyerapan 85 % untuk berbagai ukuran.

Kata kunci : *zeolit, minyak jarak pagar, aktivasi basa, dan kolom kromatografi*

# THE EFFECT OF PARTICLE SIZE OF ZEOLITE BASE ACTIVATED TO ADSORPTION OF FREE FATTY ACID AND WATER IN *Jatropha curcas* IN CHROMATOGRAPHY COLUMN SYSTEM

## ABSTRACT

The writer has conducted a research about the effect of particle size toward natural zeolite adsorption ability from Turen to the free fatty acid and water in *Jatropha curcas*. Zeolite was acted as adsorbent that previously activated using NaOH 0.5 N. Adsorption capability is determined by the variety of particle size which are -20+30, -30+40, -40+60, -60+80 and -80+100 mesh. The research was done using column of 6300 kg/ms<sup>2</sup> in pressure, 2 cm in diameter, 30 cm in length and zeolite mass of 80 g. Determination of adsorbed free fatty acid based on percent acid number before and after adsorption. The acid number was determined by alcalimetric titration with NaOH 0.1 N. The result showed that both activated and inactivated zeolite adsorbs free fatty acid optimally at -80+100 mesh. The adsorption capability of activated zeolite (39.3 %) is better than inactivated zeolite (34.5 %). Moreover, the water adsorption capability of both activated and inactivated zeolite are significantly similar, with 85 % adsorption average of for all of particle size.

*Key words: zeolite, Jatropha curcas, base activation, and column chromatography*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas segala rahmat, hidayah dan ridho serta petunjuk-Nya sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi kita Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan seluruh umatnya.

Skripsi yang berjudul Pengaruh Ukuran Zeolit Teraktivasi Basa Terhadap Adsorpsi Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acid*) dan Air pada Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) dalam Sistem Kolom Kromatografi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana sains dalam bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada :

1. Ir. Bambang Poerwadi, MS dan Ulfa Andayani, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing I dan II atas segala bimbingan, pengarahan dan kesabaran yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Dra. Anna Roosdiana, M.App.Sc. selaku dosen penasehat akademik yang telah memberikan bimbingan selama kuliah.
3. Dr. Sasangka Prasetyawan, MS. selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah memberikan fasilitas kepada penulis untuk mengadakan penelitian di seluruh laboratorium kimia.
4. Para dosen penguji, atas segala masukan dan saran yang diberikan kepada penulis untuk perbaikan naskah skripsi ini.
5. Kedua orang Tua yang tercinta yang selalu mengiringi dengan do'a. Dan tidak terlupakan pula Guru-guru saya di PPMH.
6. Teman-teman Kimia 2004, 2005 dan 2006 yang selalu memberi motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran diharapkan dari pembaca. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pemerhati Kimia dan pembaca sekalian, khususnya penulis. Amien.....

Malang, Maret 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Minyak Jarak Pagar dan Asam Lemak Bebas.....	4
2.2 Zeolit	
2.2.1 Karakteristik Zeolit.....	8
2.2.2 Zeolit Alam Turen .....	10
2.2.3 Aktivasi Zeolit .....	11
2.3 Kromatografi.....	11
2.4 Angka Asam dan Kadar Air.....	13
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	15
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....	15
3.2.1 Bahan Penelitian.....	15
3.2.2 Alat Penelitian .....	15
3.3 Tahap Penelitian.....	15
3.4 Prosedur Kerja	
3.4.1 Preparasi Zeolit Alam Turen .....	16



3.4.2 Aktivasi Zeolit dengan Basa.....	16
3.4.3 Preparasi Kolom .....	16
3.4.4 Proses Pemisahan Asam Lemak Bebas dan Air.....	16
3.4.5 Penentuan Angka Asam.....	17
3.4.6 Penentuan Kadar Air .....	18
3.4.7 Analisis Data .....	18
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Preparasi Zeolit Alam Turen.....	19
4.2 Aktivasi Zeolit dengan Basa .....	19
4.3 Preparasi Kolom.....	20
4.4 Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi Terhadap % Angka Asam Minyak Jarak dalam Sistem Kolom .....	20
4.5 Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi Terhadap % Kadar Air dalam Sistem Kolom.....	24
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	28
5.2 Saran .....	28
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	29
<b>LAMPIRAN</b> .....	32

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Reaksi Trigliserida dan Air.....	7
Gambar 2.2 Reaksi Trigliserida dan Katalis.....	7
Gambar 2.3 Struktur Mineral Zeolit.....	9
Gambar 3.1 Proses Pemisahan Asam Lemak Bebas dan Air .	17
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Fraksi Minyak Jarak Terhadap % Angka Asam pada Zeolit Tanpa Aktivasi.....	21
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Fraksi Minyak Jarak Terhadap % Angka Asam pada Zeolit Teraktivasi .....	21
Gambar 4.3 Diagram Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi dalam Kolom Terhadap % Angka Asam Rata-rata .....	23
Gambar 4.4 Ikatan Hidrogen yang Terjadi Antara Asam Lemak Bebas dan Zeolit .....	23
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Fraksi Minyak Jarak Setelah Dilewatkan Kolom Terhadap % Kadar Air pada Zeolit Tanpa Aktivasi.....	24
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara fraksi Minyak Jarak Setelah Dilewatkan Kolom Terhadap % Kadar Air pada Zeolit yang Diaktivasi.....	25
Gambar 4.7 Mekanisme Pemisahan Molekul Air (0,96 Å), Asam Lemak Bebas (20 Å) dan Trigliserida (30 Å) Pada Zeolit (28,13 Å) .....	27
Gambar L.7.1 Kolom Dan Skala.....	78
Gambar L.7.2 Minyak Jarak Sesudah Melewati Kolom dan Minyak Jarak Sebelum Melewati Kolom .....	78

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Sifat Fisiko Kimia Minyak Jarak Pagar..... 4
Tabel 2.2	Karakteristik dari Metil Oleat dan Linoleat..... 5
Tabel 2.3	Kandungan Asam Lemak Bebas pada Minyak Jarak Pagar..... 5
Tabel 2.4	Prosentase Ester yang rbenruk Berkaitan dengan Kandungan Asam Lemak Bebas Pada Transenterifikasi Pada Suasana basa ..... 6
Tabel 2.5	Perbandingan Minyak Jarak dan Biodiesel..... 8
Tabel 2.6	Komposisi dan Formula dari Zeolit yang Bertipe Alkali ..... 10
Tabel 4.1	Konversi <i>Mesh</i> Menjadi Diameter Partikel ..... 19
Tabel L.5.1	Data Penentuan Angka Asam Menggunakan Zeolit Tanpa Aktivasi ..... 41
Tabel L.5.2	Data Penentuan Angka Asam Menggunakan Zeolit Teraktivasi..... 46
Tabel L.5.3	Data Penentuan Kadar Air Menggunakan Zeolit Tanpa Aktivasi..... 52
Tabel L.5.4	Data Penentuan Kadar Air Menggunakan Zeolit Teraktivasi ..... 57
Tabel L.5.5	Data Perbandingan Penurunan Angka Asam Menggunakan Zeolit Teraktivasi dan Tanpa Aktivasi (rata-rata pada kedua perlakuan)..... 61
Tabel L.5.6	Data Perbandingan Penurunan Kadar Air Menggunakan Zeolit Teraktivasi dan Tanpa Aktivasi (rata-rata pada kedua perlakuan)..... 63
Tabel L.6.1	Hasil Uji Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Aktif Terhadap Proses Adsorpsi Asam Lemak Bebas ..... 65
Tabel L.6.2	Hasil Uji Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Aktif Terhadap Kadar Air..... 73

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Tahapan Kerja.....	32
Lampiran 2 Prosedur Kerja .....	33
Lampiran 3 Preparasi Larutan dan Pembakuan.....	37
Lampiran 4 Perhitungan .....	39
Lampiran 5 Data Hasil Pemurnian Minyak Jarak .....	41
Lampiran 6 Uji Statistik Penentuan Persen Angka Asam dan kadar Air .....	65
Lampiran 7 Gambar Alat.....	78



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemerintah telah menetapkan sebaran energi nasional pada tahun 2025 dengan peran minyak bumi sebagai energi akan dikurangi dari 52 % saat ini hingga kurang dari 20 %. Pada tahun 2025, energi alternatif diharapkan mulai mengambil peran yang lebih penting dengan menyuplai 17 % terhadap sebaran energi nasional, termasuk di dalamnya biofuel atau bahan bakar nabati ikut memasok 5 % (Legowo, 2007). Salah satu bahan bakar nabati yang berpotensi saat ini adalah tanaman jarak pagar (Adebowale, 2006). Jika dibandingkan dengan tanaman lain jarak pagar sangat prospektif karena tidak bersaing dengan kebutuhan pangan masyarakat (Cornelia, 2000), relatif mudah dibudidayakan petani kecil, dan dapat ditanam sebagai tanaman batas kebun, monokultur atau campuran (Kusumaatmadja, 2008).

Proses pembuatan biodiesel dari minyak jarak dilakukan melalui reaksi transesterifikasi, sebelum reaksi transesterifikasi minyak jarak harus mempunyai kadar asam lemak bebas rendah (kurang dari 2 %), karena asam lemak bebas dapat bereaksi dengan basa (Mindriany, 2007), memperlambat proses transesterifikasi, dan membuat korosi pada mesin (Sangha, *et. al.*, 2005), selain kandungan asam lemak bebas yang tinggi minyak jarak pagar juga mengandung air, dimana air dapat memicu terjadinya asam lemak bebas melalui reaksi hidrolisis (Nasiri, 2006).

Metode yang telah dilakukan dalam memisahkan asam lemak bebas sebelum dilakukan proses transesterifikasi pada minyak jarak pagar yaitu: ekstraksi pelarut, enzimatik, gliserolisis, dengan menambahkan katalis asam, penambahan katalis asam diikuti katalis basa (Canakci, 2001) dan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif. Metode-metode tersebut pada umumnya memerlukan biaya tinggi dan menimbulkan masalah baru yaitu terjadi pengendapan, tidak dapat digunakan secara kontinyu, dan prosesnya menghasilkan air. Salah satu proses pemisahan asam lemak bebas dan air pada minyak jarak mentah yang mudah dan efisien menggunakan prinsip kolom kromatografi eksklusi, yaitu fase diam zeolit berpori banyak dengan ukuran yang sama digunakan untuk memisahkan campuran berdasarkan perbedaan ukuran molekulnya. Molekul-molekul yang



kecil akan memasuki pori-pori sedangkan molekul besar akan melewati sela-sela lebih cepat bila dibandingkan dengan molekul yang melewati pori-porinya, kolom yang digunakan dapat diregenerasi kembali untuk proses pemurnian minyak jarak mentah dari asam lemak bebas dengan menambahkan pelarut yang sesuai, penggunaan zeolit ini tidak akan menghasilkan produk samping yang dapat mengurangi mutu dari minyak jarak.

Zeolit dapat ditingkatkan kemampuan adsorpsinya dengan cara diaktivasi (Setiadji, dkk., 2005). Salah satu produk modifikasi zeolit yaitu dengan menambahkan basa seperti NaOH, dimana pengotor yang ada di dalam zeolit akan dikeluarkan sehingga morfologi dan struktur kristal yang terdiri dari rongga-rongga yang berhubungan ke segala arah menyebabkan permukaan zeolit menjadi luas dan daya adsorpsinya lebih besar. Secara molekular zeolit memiliki struktur pori tiga dimensi yang khas sebagai adsorben dan penyaring molekul karena struktur zeolit yang berongga, mampu memisahkan berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk dan polaritas dari molekul yang ingin dipisahkan (Rahmatullah, dkk., 2007).

Volume ruang dalam struktur zeolit cukup besar kadangkadangkang mencapai 50 Å, sedangkan garis tengah ruang tersebut bermacam-macam, berkisar antara 2 Å hingga lebih dari 8 Å, tergantung dari jenis mineral zeolit yang bersangkutan. Volume dan ukuran garis tengah ruang dalam kisi-kisi kristal inilah yang menjadi dasar penggunaan mineral zeolit sebagai bahan penyaring (*molecular sieving*). Molekul zat yang disaring yang ukurannya lebih kecil dari ukuran garis tengah ruang mineral zeolit dapat melintas, sedangkan yang berukuran lebih besar akan tertahan atau ditolak. Kapasitas atau daya saring mineral zeolit tergantung dari volume dan jumlah ruangnya. Makin besar jumlah ruang, maka makin besar pula daya saring zeolit alam yang bersangkutan (Rahmatullah, dkk., 2007).

Zeolit merupakan senyawa polar yang memiliki situs asam, baik situs asam Bronsted maupun situs asam Lewis. Mengingat sifatnya yang polar, maka asam lemak bebas yang bersifat polar akan teradsorpsi lebih kuat dalam zeolit sebagai fasa diam, dibandingkan dengan trigliserida yang bersifat nonpolar, sehingga minyak jarak dapat dimurnikan dari asam lemak bebas dan air. Dengan demikian pada penelitian ini dilakukan pengolahan zeolit sebagai adsorben yang dapat diregenerasi. Zeolit yang telah diaktivasi akan digunakan sebagai adsorben minyak jarak yang mempunyai kadar asam lemak

bebas dan air tinggi. Sebagai bahan perbandingan digunakan zeolit tanpa aktivasi.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh ukuran zeolit yang diaktivasi dengan basa terhadap adsorpsi asam lemak bebas dan air pada minyak jarak pagar dengan sistem kolom ?
2. Bagaimana kadar asam lemak bebas dan air setelah dilewatkan kolom berisi zeolit teraktivasi basa sebagai fase diam ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Minyak jarak pagar yang digunakan dari BALITAS Karang Ploso Malang.
- b. Zeolit yang digunakan adalah zeolit alam Turen.
- c. Massa zeolit 80 g dengan diameter kolom 2 cm, tinggi 30 cm dan tekanan  $6300 \text{ kg/ms}^2$ .

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh ukuran zeolit yang diaktivasi dengan basa terhadap adsorpsi asam lemak bebas dan air pada minyak jarak pagar dengan sistem kolom.
2. Untuk mengetahui kadar asam lemak bebas dan air pada minyak jarak pagar setelah dilewatkan kolom berisi zeolit teraktivasi basa sebagai fase diam.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh ukuran butiran zeolit teraktivasi basa terhadap kemampuan menurunkan kadar asam lemak bebas dan air dalam minyak jarak pagar sebelum dilakukan proses transesterifikasi.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Minyak Jarak Pagar dan Asam Lemak Bebas

Tanaman jarak merupakan tanaman semak yang tumbuh dengan cepat hingga mencapai ketinggian 3-5 meter. Tanaman ini tahan kekeringan dan dapat tumbuh di tempat-tempat dengan curah hujan 200 mm hingga 1500 mm per tahun. Daerah penyebaran tanaman terletak antara 40 °LS sampai 50 °LU dengan ketinggian optimal 0-800 meter di atas permukaan laut (Hamdi, 2005).

Minyak jarak dihasilkan dengan mengekstrak biji jarak. Biasanya, cara yang digunakan adalah pengepresan mekanik, cara ekstraksi ini paling sesuai untuk memisahkan minyak dari bahan yang kadar minyaknya diatas 10 %. Pengepresan mekanik menggunakan dua teknik, yaitu pengepresan hidrolis dan pengepresan berulir (Hambali, 2007). Biji jarak terdiri dari 75 % kernel (daging biji) dan 25 % kulit, pada tabel 2.1 merupakan sifat fisik dan kimia minyak jarak pagar (Ketaren, 1986).

**Tabel 2.1** Sifat fisiko kimia minyak jarak pagar

Karakteristik	Nilai
Kadar air	1,02 %
Kerapatan	0,908 g/mL, 30 °C
Viskositas	58,0 cp, 30 °C
Angka asam	4,13 mg KOH/g
Titik nyala	236 °C
Residu karbon	0,34 % (m/m)
Kadar sulfur	< 1 ppm
Bilangan iod	96,5 g iod/100 g minyak

Minyak jarak berwarna kuning bening, memiliki bilangan iodine tinggi yaitu 105,2 mg yang berarti kandungan minyak tak jenuhnya sangat tinggi, terutama terdiri atas asam oleat dan linoleat yang mencapai 90 % (Trubus, 2005). Metil ester yang terbentuk sebagian besar berupa metil oleat maupun metil linoleat (Anonymous, 2006).

Asam oleat dan asam linoleat merupakan asam lemak tak jenuh bertitik leleh rendah, berturut-turut 16 °C dan -7 °C. Sedangkan

titik leleh dari metil esternya sebesar: -20 °C dan -35 °C (Pryde, 1981), sehingga biodiesel ber Kandungan ester oleat dan linoleat sesuai digunakan baik di daerah empat musim hingga daerah tropis. Klopfenstein dan Walker (1983), meneliti panas pembakaran konsumsi bahan bakar dan efisiensi termal untuk berbagai jenis ester termasuk metil oleat dan metil linoleat pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2** Karakteristik dari metil oleat dan metil linoleat

Jenis Ester	Panas Pembakaran (kcal/g)	Konsumsi Bahan Bakar		Efisiensi Thermal (%)
		(mL/hp hr)	(g/hp hr)	
Metil oleat	9,295±0,0002	343	297	23,3
Metil linoleat	9,254±0,09	341	299	23,2

**Tabel 2.3** Kandungan asam lemak bebas pada minyak jarak pagar

Asam Lemak Nomor Karbon & Ikatan Rangkap	Komposisi (% Berat)
Asam Miristat (14:0)	0 – 0,1
Asam Palmitat (16:0)	14,1 – 15,3
Asam Palmitoleat (16:1)	0 – 1,3
Asam Stearat (18:0)	3,7 – 9,8
Asam Oleat (18:1)	34,3 – 45,8
Asam Linoleat (18:2)	29,0 – 44,2
Asam Linolenat (18:3)	0 – 0,3
Asam Arakhidat (20:0)	0 – 0,3
Asam Behenat (22:0)	0 – 0,2

(Hambali, 2007, Tyson, 2004)

Setelah minyak diperoleh, melalui proses pengepresan, langkah selanjutnya adalah proses transesterifikasi, yaitu mengubah trigliserida menjadi metil ester untuk menurunkan viskositas minyak dan mengeliminasi deposit karbon yang jika tidak dibuang dapat memperpendek umur mesin (Prana, 2006).

Sebelum reaksi transesterifikasi minyak jarak harus mempunyai kadar asam lemak bebas rendah (<2 %), karena asam lemak bebas dapat bereaksi dengan basa (Mindriany, 2007),



memperlambat proses transesterifikasi, dan membuat korosi pada mesin (Sangha *et. al.*, 2005), selain kandungan asam lemak bebas yang tinggi minyak jarak pagar juga mengandung air, dimana air dapat memicu terjadinya asam lemak bebas melalui reaksi hidrolisis (Nasiri, 2006).

**Tabel 2.4** Prosentase ester yang terbentuk berkaitan dengan kandungan asam lemak bebas pada transesterifikasi pada suasana basa.

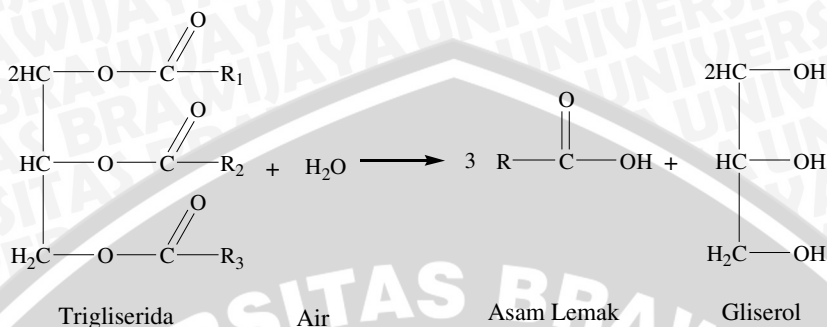
Asam Lemak Bebas Bahan Baku (%)	Prosentase Ester
1,97	90,01
3,39	85,92
5,31	82,69
6,76	71,01
8,58	66,38
10,41	59,31
11,97	Transesterifikasi gagal
13,46	Transesterifikasi gagal

(Sues, 1999)

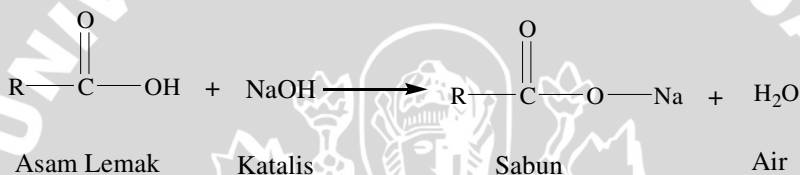
Asam lemak merupakan asam lemah, dan dalam air terdisosiasi sebagian. Umumnya berfase cair atau padat pada temperatur ruang (27 °C). Semakin panjang rantai C penyusunnya, semakin mudah membeku dan juga semakin sukar larut. Asam lemak jenuh bersifat lebih stabil dari pada asam lemak tak jenuh. Ikatan 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. 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 (Tyson, 2003 ).

Gambar 2.1 dan 2.2 menunjukkan reaksi trigliserida dengan air dan katalis membentuk asam lemak bebas dan sabun (Tyson, 2004).





**Gambar 2.1.** Reaksi trigliserida dengan air



**Gambar 2.2.** Reaksi trigliserida dengan katalis

Beberapa metode yang telah digunakan dalam meminimalisir kandungan asam lemak bebas pada minyak jarak pagar (Tyson, 2003).

1. Gliserolisis, yaitu dengan menambahkan gliserol dan katalis ZnCl pada temperatur 200 °C. Asam lemak bebas akan dibentuk menjadi monogliserida dan digliserida maka hasil ini akan diubah menjadi metil ester dengan katalis basa, disamping itu juga menghasilkan air.

Reaksinya adalah sebagai berikut :

Asam lemak bebas + gliserol  $\longrightarrow$  monogliserida + air

Kelemahan dari metode ini adalah memakai temperatur yang tinggi, prosesnya sangat lambat, dan membersihkan sisa metanol belum diketahui caranya.

2. Menggunakan katalis asam seperti asam sulfat, proses esterifikasi asam lemak bebas cepat (1 jam) tetapi pada proses transesterifikasi lambat (2 hari) pada temperatur 60 °C dan terbentuknya air.

reaksinya adalah sebagai berikut

asam lemak bebas + metanol  $\longrightarrow$  metil ester + air

3. Enzimatis, harganya sangat mahal dan tidak memungkinkan menggunakan metode ini karena jarang dipakai.
4. Ekstraksi pelarut.

**Tabel 2.5** Perbandingan minyak jarak dan biodiesel

Parameter Minyak	Minyak jarak Pagar	Biodiesel
Densitas pada 15 °C	0,9181 (g/cm <sup>3</sup> )	0,85 - 0,89 c
Viskositas pada 40 °C	51 cSt	1,9 - 6,0 cSt
Titik nyala	260 °C	min 100 °C
Angka asam	1,0 - 38,2 mg KOH/mg	maks 0,80 mg KOH/mg
Kadar air	1,02 %	maks 0,050 %

(Tyson, 2003)

## 2.2 Zeolit

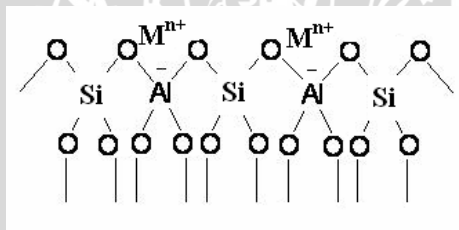
### 2.2.1 Karakteristik Zeolit

Mineral zeolit adalah kelompok mineral alumunium silikat terhidrasi  $L_mAl_xSi_yO_z \cdot nH_2O$ , dari logam alkali dan alkali tanah (terutama Ca dan Na), m,n,y dan z merupakan bilangan 2 hingga 10, n koefisien dari H<sub>2</sub>O, serta L adalah logam. Zeolit secara empiris ditulis  $(M^+ , M^{2+})Al_2O_3gSiO_2 \cdot zH_2O$ , M<sup>+</sup> berupa Na atau K dan M<sup>2+</sup> berupa Mg, Ca, atau Fe. Li, Sr atau Ba dalam jumlah kecil dapat menggantikan M<sup>+</sup> atau M<sup>2+</sup>, g dan z bilangan koefisien. Beberapa spesimen zeolit berwarna putih, kebiruan, kemerahan, coklat, dan lain-lain, karena hadirnya oksida besi atau logam lainnya. Densitas zeolit antara 2,0 - 2,3 g/cm<sup>3</sup>, dengan bentuk halus dan lunak. Kilap yang dimiliki bermacam-macam. Struktur zeolit dapat dibedakan dalam tiga komponen yaitu rangka aluminosilikat, ruang kosong saling berhubungan yang berisi kation logam, dan molekul air dalam fase *occluded* (Harben, 1996). Zeolit memiliki ukuran pori sangat kecil berkisar antara 0,3–0,9 nm (Hamdan, 1992).

Kandungan air yang terperangkap dalam rongga zeolit biasanya berkisar 10-50 %. Bila terhidrasi kation-kation yang berada dalam rongga tersebut akan terselubungi molekul air, molekul air ini sifatnya labil atau mudah terlepas, sehingga dengan cara pemanasan diatas 100 °C, air pori tersebut dapat dihilangkan sehingga terbentuk pori-pori zeolit yang dapat memungkinkan zeolit dapat menyerap

molekul-molekul yang mempunyai garis tengah lebih kecil dari pori-pori zeolit tersebut (Eddy, 2008).

Zeolit mengandung muatan positif dari ion-ion logam alkali dan alkali tanah dalam kerangka kristal tiga dimensi dengan setiap oksigen membatasi antara dua tetrahedral (Hay, 1966). Pada struktur zeolit, semua atom Al dalam bentuk tetrahedral sehingga atom Al akan bermuatan negatif karena berkoordinasi dengan 4 atom oksigen dan selalu dinetralkan oleh kation alkali atau alkali tanah untuk mencapai senyawa yang stabil (Rahmatullah, dkk., 2007). Zeolit mempunyai kerangka terbuka, sehingga memungkinkan untuk melakukan adsorpsi Ca bertukar dengan 2 (Na,K) atau Ca, Al dengan (Na,K)Si. Morfologi dan struktur kristal yang terdiri dari rongga-rongga yang berhubungan ke segala arah menyebabkan permukaan zeolit menjadi luas. Morfologi ini terbentuk dari unit dasar pembangunan dasar primer yang membentuk unit dasar pembangunan sekunder dan begitu seterusnya (Saputra, 2006).



**Gambar 2.3.** Struktur mineral zeolit (Smart, 1992).

Zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap. Hal ini disebabkan karena zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi dari molekul. Mekanisme adsorpsi yang mungkin terjadi adalah adsorpsi fisika (melibatkan gaya *Van der Waals*), adsorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatis), ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi (Pitoyo, 1988). Medan elektrostatis yang kuat yang ada di dalam rongga-rongga zeolit menghasilkan interaksi yang sangat kuat dengan molekul polar seperti air sehingga separasi dapat dilakukan oleh zeolit (Harjanto, 1987).

Beberapa faktor penting yang dapat mempengaruhi tingkatan terjadinya adsorpsi tersebut adalah agitasi, karakteristik adsorben, daya larut, ukuran molekul zat terlarut, pH larutan dan temperatur larutan (Saputra, 2006).

Adsorpsi didefinisikan sebagai proses melekatnya molekul atau zat pada permukaan padatan atau cairan. Gejala adsorpsi timbul sebagai akibat hasil gaya permukaan pada padatan, gas, uap, cairan atau larutan, dan material tersuspensi atau koloid. Kira-kira 20 % sampai 50 % volume total kristal zeolit terdiri dari ruang terbuka yaitu dari kerangka struktur aluminosilikat dan rongga antarkristal. Struktur dalam ini bersifat sangat lekat air (*hydrophilic*), biasanya penuh dengan air. Zeolit yang telah mengalami dehidrasi menjadi adsorben air yang baik sekali (Eddy, 2008).

### 2.2.2 Zeolit Alam Turen

Beberapa lokasi di Indonesia yang pernah diteliti, diketahui endapan zeolit yang sangat baik di Cicalong dan Malang Selatan dengan kandungan zeolit 55-85 % dan nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) antara 115-177 meq/100 gam (Suyartono, 1991).

**Tabel 2.6** Komposisi dan formula dari zeolit yang bertipe alkali

Nama	Kation Dominan	Rumus Kimia	Massa Jenis
Faujasit	Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{2,4}\text{O}_{7,2}\cdot 4,6\text{H}_2\text{O}$	1.92
Klinoptilolit	K, Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{4,2-5}\text{O}_{10,4-12}\cdot 3,5-4\text{H}_2\text{O}$	2.13-2.17
Moedenit	Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{4,5-5}\text{O}_{11-12}\cdot 3,2-3,5\text{H}_2\text{O}$	2.12
Erionit	K, Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{3-3,5}\text{O}_{8-9}\cdot 3-3,4\text{H}_2\text{O}$	2.07
Kabasi	Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{1,7-3}\text{O}_{5,4-8}\cdot 2,7-4\text{H}_2\text{O}$	2.08
Filipsit	K, Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{1,3-3,4}\text{O}_{4,6-8,8}\cdot 1,7-3,3\text{H}_2\text{O}$	2.0-2.3
Gonardit	Na, Ca	$\text{NaAlSi}_{1,1-1,4}\text{O}_{4,4-4,8}\cdot 1,2-1,3\text{H}_2\text{O}$	2.27
Analsim	Na	$\text{NaAlSi}_{2-2,8}\text{O}_{6-7,6}\cdot 1-1,3\text{H}_2\text{O}$	2.26
Natrolit	Na	$\text{NaAlSi}_{1,5-5}\text{O}_5\cdot \text{H}_2\text{O}$	2.24

(Hay, 1966)

Zeolit alam dari Malang Selatan selain mengandung mordenit dan klinoptilolit, juga terdapat senyawa-senyawa lain diantaranya plangioklas, feldspar, dan kuarsa. Senyawa-senyawa ini dapat mengganggu atau mengurangi penyerapan pada zeolit karena akan menutupi permukaan pada rongga-rongga zeolit (Suganal, 1990). Zeolit alam yang berasal dari Malang Selatan memiliki komposisi 84,2 % mordenit, dan klinoptilolit 1-2 % dengan rumus kimia  $[\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96})\cdot 24\text{H}_2\text{O}]$  (Suyartono, 1991). Mordenit mempunyai spesifikasi sebagai berikut : Kapasitas Pertukaran Kation



(KPK) = 1,14 meq/g; *Specific Surface area* = 286,24167 m<sup>2</sup>/g; volume poritotal = 141,06 x 10<sup>-3</sup> mL/g; rata-rata radius pori 7,62 Å; komposisi kimia = SiO<sub>2</sub> (73,09 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (11,17 %), K<sub>2</sub>O (6,13 %), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,25 %), CaO (0,9 %), Na<sub>2</sub>O (0,39 %), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,02 %), MnO (0,02 %), MgO (0,18 %) (Amri, *et. al.*, 2004).

### 2.2.3 Aktivasi Zeolit

Kualitas zeolit alam dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi. Aktivasi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia (Suyartono, 1991; Eddy, 2008; dan Saputra, 2006).

1. Dengan pemanasan pada temperatur 300 °C selama 2 sampai 4 jam.
2. Dengan cara kimia asam, menggunakan asam sulfat H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2 N dan konsistensi zeolit 12,5 % dengan waktu pengaktifan 1 sampai 1,5 jam. Dengan cara kimia basah menggunakan kaostik soda atau natrium hidroksida (NaOH). Konsentrasi NaOH 0,5 N dan konsistensi zeolit 12,5 % dengan waktu pengaktifan antara 2 sampai 3 jam. Setelah pengaktifan, zeolit dicuci kembali dengan air.

Salah satu produk modifikasi zeolit adalah dengan mengaktifkan dengan basa, dimana pengotor yang ada di dalam zeolit akan dikeluarkan sehingga morfologi dan struktur kristal yang terdiri dari rongga-rongga yang berhubungan ke segala arah menyebabkan permukaan zeolit menjadi luas dan daya adsorbsinya lebih besar. Zeolit terdiri dari 3 komponen yaitu kation yang dipertukarkan, kerangka aluminosilikat dan air. Ikatan Al-Si-O membentuk struktur kristal, sedangkan logam alkali tanah merupakan sumber kation yang mudah dipertukarkan. Senyawa ini berstruktur 3 dimensi, dan mempunyai pori-pori atau ruang yang dapat diisi oleh kation lain atau molekul lain tanpa merusak struktur zeolit (Sutarti, 1991).

### 2.3 Kromatogafi

Kromatogafi adalah teknik pemisahan campuran didasarkan atas perbedaan distribusi dari komponen-komponen campuran tersebut diantara dua fase, yaitu fase diam (padat atau cair) dan fase gerak (cair atau gas). Bila fase diam berupa zat padat yang aktif,



maka dikenal istilah kromatografi penyerapan (*adsorption chromatography*). Bila fase diam berupa zat cair, maka teknik ini disebut kromatografi partisi (*partition chromatography*) (Harmita, 2009). Mekanisme pada kromatografi ada 4 yaitu adsorpsi permukaan, partisi, eksklusi permukaan dan penukaran ion (Santoso, 2008).

Kromatografi eksklusi adalah metode yang digunakan untuk memisahkan campuran berdasarkan perbedaan ukuran molekulnya (BM). Fase diam mempunyai pori dimana komponen dapat berdifusi pada tingkat tertentu. Walaupun efisiensi pemisahan tidak sebaik HPLC, Kromatografi eksklusi adalah metode yang tidak dapat tergantikan untuk memisahkan makromolekular dalam mempelajari distribusi massa polimer sintetik. Kromatografi eksklusi prosesnya tidak efisien untuk molekul kecil dan sedang (Rouessac, 1994).

Prinsip dari kromatografi eksklusi adalah fase diam berpori banyak dengan ukuran yang sama digunakan untuk memisahkan campuran berdasarkan perbedaan ukuran molekulnya (BM). Molekul-molekul yang kecil akan memasuki pori-pori sedangkan molekul besar akan melewati sela-sela lebih cepat bila dibandingkan dengan molekul yang melewati pori-porinya. Jadi urutan elusi mula-mula adalah molekul yang lebih besar, molekul sedang, dan terakhir molekul yang paling kecil (Rouessac, 1994).

Volume total  $V_M$  dari fase diam dalam kolom dapat ditentukan dengan menjumlahkan dua nilai  $V_M = V_i + V_p$ ;  $V_i$  volume *interstitial* (eksternal ke pori) dan  $V_p$  volume dari pori.  $V_i$  disebut *Void volume*, yang menunjukkan volume dari fase diam yang diperlukan untuk molekul besar diasumsikan yang tertolak pori dan  $V_M$  adalah volume molekul kecil yang dapat masuk semua ke dalam pori yang di packing ( $V_s$ ) (Rouessac, 1994).

Metode kromatografi eksklusi ("*exclusion chromatography*"; EC, juga disebut "*gel filtration chromatography*", *gel fraksi ion chromatography*" atau "*gel chromatography*") : memisahkan campuran sesuai dengan ukuran dan bentuk molekulnya. Molekul-molekul kecil yang dapat masuk secara bebas ke dalam pori-pori fase padat dikatakan sebagai mempunyai koefisien distribusi  $K = 1$ , sedang molekul-molekul besar dieksklusi secara sempurna dari seluruh pori-pori mempunyai  $K = 0$ . Molekul-molekul ukuran sedang mempunyai  $K$  antara 0 dan 1. Jadi, molekul-molekul besar akan bergerak jauh lebih cepat melalui kolom dibanding dengan molekul-molekul kecil.

Molekul-molekul akan dielusi berturut-turut sesuai dengan penurunan ukurannya. Contoh fase diam pada model ialah suatu gel dekstran dalam bentuk butiran yang dipasangkan dengan nama *Sephadex*. Model kromatografi ini berhasil digunakan pada pemisahan senyawa-senyawa dengan bobot molekul > 2000, termasuk polimer organik (poliolefine, polistirene, polivinyl, poliamida), bipolimer (protein, asam nukleat, oligosakrida, peptida, gula-gula, glikol) (Hadjar, 1985).

## 2.4 Angka Asam dan Kadar Air

Angka asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang terdapat dalam suatu lemak atau minyak. Angka asam mempengaruhi mutu metil ester dalam penggunaannya sebagai bahan bakar karena asam memiliki sifat yang korosif. Angka asam yang terlalu tinggi tidak dikehendaki, karena pada temperatur yang tinggi asam lemak bebas dapat akan bereaksi dengan logam seperti besi, seng, timbal, mangan, kobal, timah, dan logam lainnya (Sangha *et. al.*, 2005). Kondisi ini dapat mempercepat kerusakan komponen mesin diesel ataupun komponen burner minyak tanah yang umumnya terbuat dari bahan logam (Hidayat, dkk., 2005).

Angka asam dinyatakan sebagai jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam satu gram lemak atau minyak (Williams, 1996). Hasilnya seringkali dinyatakan sebagai presentase asam lemak bebas dihitung sebagai asam oleat (angka asam = % asam lemak bebas x 2). Makin tinggi angka asam maka makin rendah kualitas minyak tersebut.

$$\text{Angka asam} = \frac{\text{Vol.titrasi}(mL) \times N \text{ NaOH} \times \text{BM KOH}}{\text{berat}(g) \text{ minyak yang digunakan}}$$

$$\% \text{ asam lemak bebas (sebagai oleat)} = \frac{\text{angka asam}}{2}$$

Analisa kadar air dalam suatu sampel minyak dapat dilakukan dengan metode *Karl Fischer*, Distilasi dan Gravimetri. Metode gravimetri biasanya dilakukan pada larutan yang memiliki kadar air > 1 % dan pada campuran berupa serbuk dengan memanaskannya pada temperatur 105 °C sehingga diperoleh selisih massa sebelum dan sesudah pemanasan untuk menentukan kadar air

dalam sampel. Perhitungan kadar air dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (Sudarmadji, 1989):

$$\text{Kadar Air} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Dimana;

A = berat sampel sebelum dipanaskan

B = berat sampel sesudah dipanaskan

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Universitas Brawijaya selama 2 bulan.

### **3.2 Bahan dan Alat Penelitian**

#### **3.2.1 Bahan Penelitian**

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jarak dari BALITAS Karang Ploso Malang, zeolit alam Turen, sedangkan bahan kimia di antaranya padatan NaOH, asam oksalat ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), indikator pp, etanol 96 %, dan aquades.

#### **3.2.2 Alat Penelitian**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi penumbuk, ayakan ukuran 20, 30, 40, 60, 80 dan 100 *mesh*, oven, neraca analitik, kolom pemisah, alat pengocok elektrik (*shaker*), kompresor, *glass wools*, seperangkat pipa U, dan seperangkat alat gelas yang lazim digunakan di laboratorium kimia.

### **3.3 Tahapan Penelitian**

Tahap kerja dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Preparasi zeolit
2. Aktivasi zeolit dengan basa
3. Preparasi kolom
4. Pemisahan asam lemak bebas dan air
5. Penentuan kadar asam lemak bebas dan air dalam minyak jarak sebelum dan sesudah dilewatkan kolom dengan mengambil masing-masing lima fraksi
6. Analisis data membuat grafik hubungan antara fraksi minyak jarak pagar dengan % angka asam dan % air.

### **3.4 Prosedur Kerja**

#### **3.4.1 Preparasi zeolit alam Turen**

Butiran zeolit ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan yang berukuran 20 *mesh*, padatan yang lolos kemudian diayak dengan ayakan 30 *mesh*, padatan yang tertahan dicuci dengan aquades dan dikeringkan pada temperatur 105 °C. Dilakukan prosedur yang sama untuk mendapatkan zeolit dengan ukuran -30+40, -40+60, -60+80, dan -80+100 *mesh*. Pemilihan ukuran partikel fasa diam sebesar -20+30, -30+40, -40+60, -60+80, dan -80+100 *mesh*, merupakan upaya untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

#### **3.4.2 Aktivasi Zeolit dengan Basa**

Zeolit hasil preparasi dengan berat 30 g berbagai ukuran yaitu -20+30, -30+40, -40+60, -60+80, -80+100 *mesh* dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambah 60 mL larutan NaOH 0,5 M. Kemudian dikocok menggunakan pengocok elektrik (*shaker*) 100 rpm selama 3 jam, dibilas dengan aquades sampai pH netral dan dikeringkan pada oven pada temperatur 200 °C selama 3 jam (Eddy, 2008., Rosita, 2004).

#### **3.4.3 Preparasi Kolom**

Zeolit dengan ukuran -20+30 *mesh* dimasukkan ke dalam kolom sepanjang 30 cm dengan diameter 2 cm sebanyak 80 g, dengan bagian bawah dan atas diberi *glass wools* untuk menjaga kondisi kolom. Proses packing dipilih metode *dry packing*, dimana fasa diam tetap dalam keadaan kering dalam kolom. Dilakukan cara yang sama untuk ukuran zeolit -30+40, -40+60, -60+80, dan -80+100 *mesh*.

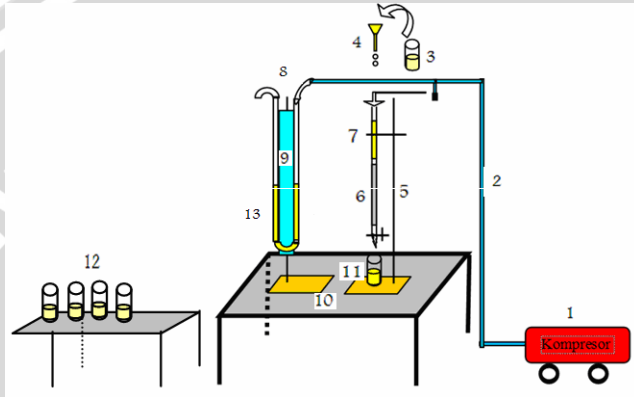
#### **3.4.4 Proses Pemisahan Asam Lemak Bebas dan Air**

Merangkai alat seperti Gambar 3.1 Minyak jarak diambil sebanyak 80 mL kemudian dimasukkan ke dalam kolom yang berisi zeolit ukuran -20+30 *mesh*, kemudian disambungkan dengan pipa U yang diberi tekanan dari kompresor, Minyak yang keluar dari kolom ditampung menjadi 5 fraksi dalam gelas ukur masing-masing 10 mL.

**Keterangan :** 1 kompresor, 2 selang, 3 minyak jarak mentah yang akan dimasukkan kolom, 4 corong untuk memasukkan minyak jarak



ke dalam kolom, 5 statif, 6 zeolit dalam kolom, 7 minyak dalam kolom, 8 pipa U, 9 skala pada papan, 10 meja, 11 minyak sesudah melewati kolom, 12 minyak hasil tumpungan (masing-masing 10 mL). Dan 13 minyak dalam pipa U untuk mengkonversi tekanan



**Gambar 3.1.** Proses pemisahan asam lemak bebas dan air

### 3.4.5 Penentuan Angka Asam

Minyak jarak sebanyak 2 g ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL. Kemudian ditambahkan 25 mL etanol 96 % dan 3 tetes indikator pp 1 %. Selanjutnya dititrasi menggunakan NaOH 0,1 N. Kadar asam lemak bebas dapat dihitung menggunakan rumus (Sudarmadji, 1989).

$$\text{Angka asam}^* = \frac{\text{Vol.titrasi (mL)} \times \text{NaOH (N)} \times \text{BM KOH}}{\text{berat (g) minyak yang digunakan}}$$

$$\% \text{ Asam lemak bebas (sebagai oleat)} = \frac{\text{angka asam}}{2}$$

Reaksi yang terjadi



\* penitran menggunakan NaOH di konversi ke KOH

### 3.4.6 Penentuan Kadar Air

Kadar air dalam minyak jarak ditentukan dengan cara Gravimetri. Cawan kosong dikeringkan dalam oven pada temperatur 105 °C agar bebas air. Kemudian ditimbang sampai diperoleh berat konstan, setelah itu minyak jarak dimasukkan ke dalam cawan sebanyak 2 g dan diletakkan di dalam oven pada temperatur 105 °C selama 4 jam dan ditimbang sampai didapatkan berat konstan. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan (Sudarmadji, 1989):

$$\text{Kadar air} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Dimana;

A = berat sampel sebelum dikeringkan

B = berat sampel sesudah dikeringkan

### 3.4.7 Analisa Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data kadar asam lemak bebas dan air pada minyak jarak sebelum dan setelah dilewatkan kolom dengan penampungan menjadi 5 fraksi. Dimana ada dua perlakuan yaitu fase diam zeolit dengan aktivasi basa dan dengan tidak diaktivasi. Data yang diperoleh diplotkan dalam grafik, yaitu :

1. Grafik hubungan antara fraksi minyak terhadap % angka asam
2. Grafik hubungan antara fraksi minyak terhadap % air

Setelah diperoleh grafik, maka dapat disimpulkan pada ukuran zeolit berapa yang merupakan ukuran zeolit yang terbaik untuk mengadsorpsi kadar asam lemak bebas dan air dalam minyak jarak.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Preparasi Zeolit Alam Turen

Preparasi zeolit bertujuan untuk mendapatkan ukuran zeolit yang lebih kecil sehingga mempunyai luas permukaan yang lebih besar, sejumlah padatan zeolit ditumbuk menggunakan mortar yang fungsinya untuk membentuk padatan zeolit menjadi serbuk, dan untuk mendapatkan ukuran partikel  $-20+30$  mesh maka serbuk zeolit diayak menggunakan ayakan yang berukuran  $20$  mesh, padatan yang lolos diayak kembali menggunakan ayakan yang berukuran  $30$  mesh maka akan didapatkan zeolit ukuran  $-20+30$  mesh yaitu padatan yang tidak lolos pada ayakan ukuran  $30$  mesh. Dilakukan prosedur yang sama untuk mendapatkan zeolit dengan ukuran  $-30+40$ ,  $-40+60$ ,  $-60+80$  dan  $-80+100$  mesh. Variasi ukuran partikel zeolit dari  $-20+30$ ,  $-30+40$ ,  $-40+60$ ,  $-60+80$  dan  $-80+100$  mesh bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel zeolit teraktivasi terhadap adsorpsi asam lemak bebas dan air.

**Tabel 4.1.** Konversi *mesh* menjadi diameter partikel

No	Mesh	Diameter Partikel (mm)
1	$-20+30$	0,8– 0,53
2	$-30+40$	0,53 – 0,4
3	$-40+60$	0,4 – 0,26
4	$-60+80$	0,26 – 0,2
5	$-80+100$	0,2 – 0,16

Sampel dengan variasi ukuran partikel tersebut kemudian dicuci dengan akuades sampai pH sama dengan pH akuades. Tujuannya adalah untuk menghilangkan pengotor yang dapat larut dalam air. Kemudian zeolit dipanaskan dioven pada temperatur  $105$  °C yang bertujuan untuk menghilangkan air dalam zeolit setelah pencucian, setelah itu didinginkan di desikator sampai berat konstan.

### 4.2 Aktivasi Zeolit dengan Basa

Perbandingan antara zeolit dan NaOH 1:2 (  $30$  g :  $60$  mL ) agar dimaksudkan zeolit yang ada dalam erlemeyer sudah terendam semuanya. Aktivasi menggunakan basa menyebabkan kation-kation

dalam struktur zeolit tertukar oleh ion  $\text{Na}^+$ . Ukuran  $\text{Na}^+$  lebih kecil dari kation-kation logam sehingga mobilitas dari ion  $\text{Na}^+$  lebih besar yang menyebabkan pengotor-pengotor yang berupa logam yang ada di dalam zeolit akan keluar, morfologi dan struktur kristal yang terdiri dari rongga-rongga yang berhubungan ke segala arah menyebabkan permukaan zeolit menjadi luas dan daya adsorpsinya lebih besar.

Aktivasi tidak menggunakan KOH, karena mempunyai harga lebih mahal (Anonimous, 2006). Dikocok menggunakan pengocok elektrik (*shaker*) dengan kecepatan 100 rpm selama 3 jam agar pendistribusian ion  $\text{Na}^+$  lebih maksimal, pengeringan pada oven pada temperatur 200 °C karena kandungan air yang terperangkap dalam rongga zeolit biasanya berkisar 10-50 % kation-kation yang berada dalam rongga tersebut akan terselubungi molekul air dimana sifatnya yang labil atau mudah terlepas dengan cara pemanasan diatas 100 °C air, sehingga terbentuk pori-pori zeolit yang dapat memungkinkan zeolit dapat menyerap molekul-molekul yang mempunyai garis tengah lebih kecil dari pori-pori zeolit tersebut (Eddy, 2008).

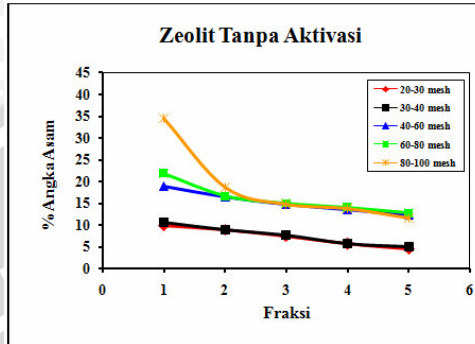
### **4.3 Preparasi Kolom**

Zeolit dengan variasi ukuran dimasukkan ke dalam kolom sepanjang 30 cm dengan diameter 2 cm sebanyak 80 g, dengan bagian bawah dan atas diberi *glass wools* untuk menjaga kondisi kolom agar zeolit yang berada dalam kolom dapat terkondisikan. Proses packing dengan metode *dry packing*, dimana fasa diam tetap dalam keadaan kering dan dilakukan tahap pengisian zeolit ke dalam kolom. Zeolit yang dimasukkan ke dalam kolom dalam keadaan kering karena pada penelitian ini ada proses pemisahan air pada minyak jarak pagar oleh zeolit.

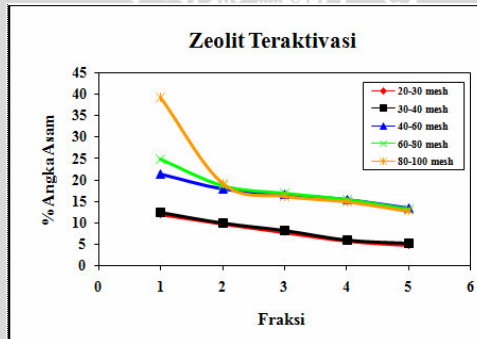
### **4.4 Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi Terhadap % Angka Asam Minyak Jarak dalam Sistem Kolom**

Untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel zeolit terhadap penurunan angka asam dalam minyak jarak pagar dilakukan dengan memvariasi ukuran partikel zeolit aktivasi dan tanpa aktivasi dalam kolom, kemudian ditentukan penurunan angka asam minyak sebelum dan sesudah dilewatkan kolom tersebut. Hasil penurunan angka asam

setelah melewati kolom terlihat pada Gambar 4.1 dan 4.2



**Gambar 4.1** Grafik hubungan fraksi minyak jarak terhadap % angka asam pada zeolit tanpa aktivasi



**Gambar 4.2** Grafik hubungan fraksi minyak jarak terhadap % angka asam pada zeolit teraktivasi

Berdasarkan Gambar 4.1 dan 4.2 persen angka asam baik zeolit teraktivasi maupun tidak teraktivasi cenderung naik dengan semakin kecilnya ukuran partikel dari zeolit. Hal itu dapat ditinjau dari luas permukaan partikel zeolit yang digunakan. Zeolit dengan ukuran partikel besar mempunyai luas permukaan yang kecil sehingga penyerapan asam lemak bebas sedikit, dan sebaliknya zeolit dengan ukuran partikel kecil mempunyai luas permukaan yang besar dapat menyerap asam lemak bebas lebih banyak. Partikel yang terlalu besar akan mengurangi efisiensi pemisahan, karena kecepatan yang tinggi akan menyebabkan kesetimbangan dan kontak efektif



antara fasa diam dan sampel tidak sempurna (Setiadji, 2005).

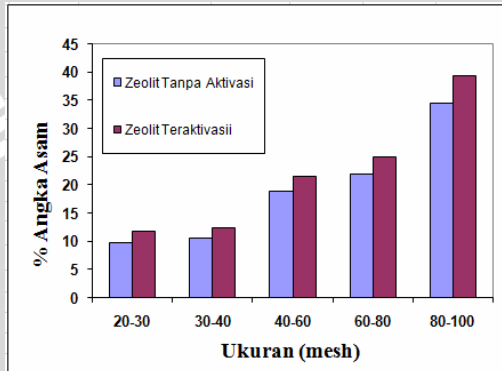
Proses adsorpsi yang terjadi merupakan adsorpsi fisika, dimana asam lemak bebas teradsorpsi melalui gaya *Van der Waals*. Proses adsorpsi pada penelitian ini, mula-mula minyak jarak pagar dalam rongga-rongga kolom zeolit berdifusi menuju permukaan zeolit. Molekul asam lemak bebas yang berada pada permukaan zeolit akan teradsorpsi oleh zeolit akibat dari sifat kepolarannya. Sedangkan molekul lain dalam minyak yaitu trigliserida, digliseria, monogliserida, dan gliserol akan bergerak bebas pada permukaan karena tidak terjadi interaksi dengan zeolit akibat dari sifatnya yang nonpolar. Kecenderungan ini sesuai dengan kaidah *like dissolves like* (Dean, 1970), dimana setiap senyawa kimia, akan lebih suka berinteraksi dengan senyawa lain yang memiliki sifat dan karakteristik yang mirip.

Selain itu, zeolit dengan sifatnya sebagai *molecular sieving* juga mengadsorpsi asam lemak bebas dengan cara menyeleksi molekul berdasarkan ukuran dan orientasi bentuknya. Molekul dengan ukuran kecil lebih mudah melakukan penetrasi ke dalam pori. Ukuran molekul erat kaitannya dengan bentuk geometri molekul, sehingga bentuk molekul berpengaruh terhadap adsorpsi. Dengan prinsip inilah zeolit mampu menjebak atau menyerap asam lemak bebas pada minyak jarak pagar, dimana asam lemak bebas ini memiliki ukuran dan bentuk molekul yang lebih kecil ( $20 \text{ \AA}$ ) daripada pori-pori pada zeolit ( $28,14 \text{ \AA}$ ), sedangkan molekul lainnya dalam minyak jarak tidak akan dapat masuk alam pori zeolit akibat ukurannya yang lebih besar (trigliserida  $30 \text{ \AA}$ ).

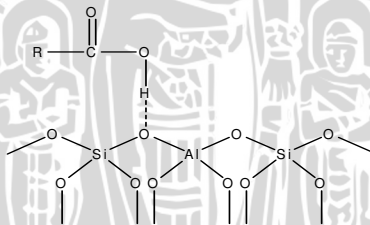
Kolom yang menggunakan zeolit sebagai fase diam akan berfungsi sebagaimana dalam kromatografi eksklusi. Prinsip dari kromatografi eksklusi adalah memisahkan campuran berdasarkan perbedaan ukuran dalam suatu larutan, dimana secara tidak langsung berkaitan dengan massa molekul (BM). Sehingga minyak jarak pagar yang melewati kolom tersebut akan terjadi pemisahan. Asam lemak bebas yang mempunyai ukuran lebih kecil dari pori-pori zeolit yang akan tertahan dalam kolom, sedangkan molekul trigliserida yang mempunyai ukuran besar akan lolos dari kolom.

Pada penelitian ini juga dipelajari pengaruh aktivasi zeolit terhadap adsorpsi asam lemak bebas. Pada gambar 4.3 dapat dikatakan bahwa aktivasi zeolit dengan menggunakan basa cenderung meningkatkan adsorpsi dari asam lemak bebas. Hal ini

disebabkan aktivasi zeolit dengan menggunakan NaOH menyebabkan luas permukaan dari zeolit semakin besar akibat keluarnya kation-kation yang berada dalam zeolit. Ini disebabkan distribusi dari ion  $\text{Na}^+$  lebih besar dibandingkan dengan ion-ion logam lain yang berada dalam struktur zeolit sehingga terjadi pengembangan.



**Gambar 4.3** Diagram pengaruh ukuran partikel zeolit tanpa aktivasi dan teraktivasi dalam kolom terhadap % angka asam rata-rata



**Gambar 4.4** Ikatan Hidrogen yang terjadi antara asam lemak bebas dan zeolit

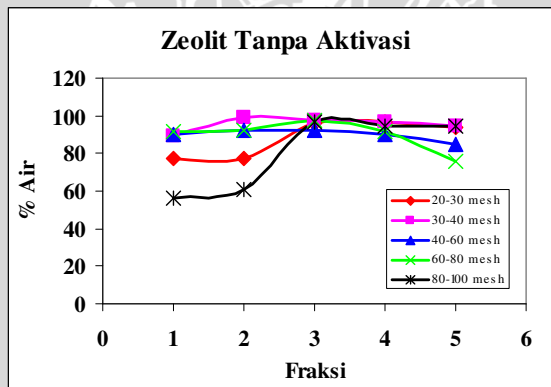
Aspek lain yang menyebabkan zeolit teraktivasi dengan basa dapat mengadsorpsi asam lemak bebas lebih baik daripada zeolit tanpa aktivasi adalah perbandingan  $\text{SiO}_2/\text{AlO}_2$  yang besar. Zeolit dengan perbandingan  $\text{SiO}_2/\text{AlO}_2$  yang besar akan menjadi lebih polar dan hidrofil (Sutarti, 1994) yang berakibat asam lemak bebas yang bersifat polar akan teradsorpsi lebih baik daripada molekul

trigliserida sebagaimana prinsip *like dissolved like* (Dean, 1970).

Berdasarkan analisa data menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada taraf nyata 1 % yang tersaji pada lampiran 6, untuk zeolit aktivasi dan tanpa aktivasi dapat ditunjukkan bahwa terdapat pengaruh ukuran partikel pada penurunan angka asam oleh mineral zeolit.

#### 4.5 Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi Terhadap % Kadar Air dalam Sistem Kolom

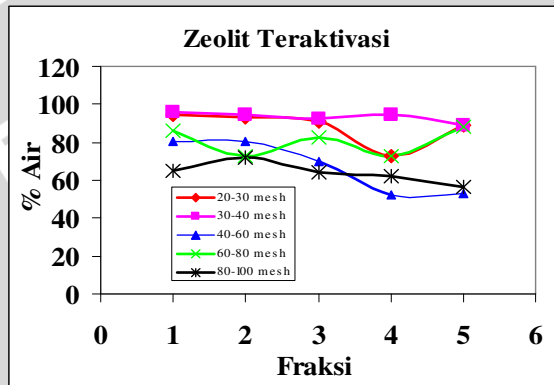
Untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel zeolit terhadap prosentase penurunan air dalam minyak jarak pagar dilakukan dengan memvariasi ukuran partikel zeolit tanpa aktivasi dan aktivasi dalam kolom, kemudian ditentukan prosentase penurunan air sebelum dan sesudah dilewatkan kolom tersebut.



**Gambar 4.5** Grafik hubungan antara fraksi minyak jarak setelah dilewatkan kolom terhadap % air pada zeolit tanpa aktivasi

Hasil prosentase penurunan air setelah melewati kolom terlihat pada Gambar 4.5 dan 4.6. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa dengan ukuran partikel yang berbeda tidak memberikan penurunan kadar air yang berbeda baik pada zeolit yang teraktivasi maupun yang tidak teraktivasi. Hal ini disebabkan proses penyerapan air oleh zeolit cukup besar sehingga pengaruh luas permukaan dari partikel zeolit tidak terlalu berpengaruh. Mekanisme

proses adsorpsi air dimulai dengan proses difusi minyak pada permukaan zeolit. Molekul yang mempunyai kepolaran yang sama atau mendekati kepolaran zeolit akan terikat oleh zeolit. Air merupakan molekul yang polar, bahkan lebih polar daripada asam lemak bebas.



**Gambar 4.6.** Grafik hubungan antara fraksi minyak jarak setelah dilewatkan kolom terhadap % air pada zeolit yang diaktivasi.

Zeolit merupakan mineral yang mempunyai komposisi  $\text{SiO}_2$  yang besar sekitar 72,35 % (Sutarti, 1994). Kandungan  $\text{SiO}_2$  yang besar tersebut yang menyebabkan proses penyerapan air oleh zeolit cukup besar, sehingga molekul air dalam minyak akan terikat kuat dengan zeolit membentuk ikatan hidrogen. Kemungkinan mekanisme lain dari proses adsorpsi air dari minyak jarak oleh zeolit adalah tersaringnya molekul air dalam pori-pori zeolit. Molekul air dapat tersaring dalam pori-pori zeolit dikarenakan ukuran molekul air ( $0,9584 \text{ \AA}$ ) jauh lebih kecil dari ukuran pori zeolit ( $28,14 \text{ \AA}$ ).

Berdasarkan analisa data menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada taraf nyata 1 % yang tersaji pada lampiran 6 untuk zeolit tanpa aktivasi diperoleh nilai  $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$ , hal ini menunjukkan tidak terdapat pengaruh ukuran partikel pada penurunan kadar air oleh mineral zeolit. Hal tersebut juga berlaku untuk zeolit dengan aktivasi sebagaimana dalam lampiran.

Dilihat dari Gambar 4.5 dan 4.6 yaitu antara penurunan angka

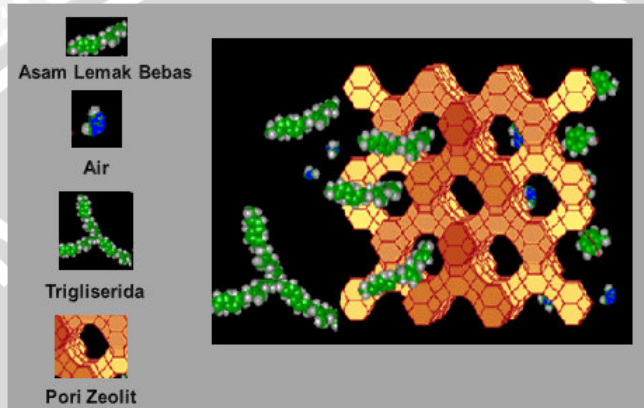
asam dan air, persen penurunan air jauh lebih besar daripada persen penurunan asam lemak bebas. Hal ini disebabkan oleh kepolaran air jauh lebih besar daripada asam lemak bebas. Sehingga air yang berada pada permukaan zeolit akan terikat lebih banyak daripada asam lemak bebas. Penyebab dari kepolaran air lebih besar dari asam lemak bebas adalah jumlah atom tetangga yang lebih sedikit. Dengan lebih sedikitnya atom yang diikat, maka orientasi penyebaran elektron ke atom tetangga lebih sedikit. Sehingga molekul air lebih polar akibat penyebaran elektron ke atom tetangga lebih sedikit dari molekul asam lemak bebas. Selain itu, dari ukuran molekul. Ukuran molekul air jauh lebih kecil dari ukuran molekul asam lemak bebas, sehingga jumlah molekul air yang dapat memasuki pori zeolit jauh lebih banyak.

Air yang berada dalam minyak merupakan air dalam keadaan bebas dengan jumlah yang relatif sangat sedikit yaitu sekitar 0,5 – 1 %. Dengan demikian dapat diduga bahwa molekul air dalam minyak jarak berada ditengah-tengah atau diselimuti oleh molekul-molekul trigliserida yang berukuran lebih besar seperti terlihat pada gambar pada Gambar 4.7. Hal ini menyebabkan kemampuan zeolit untuk menyerap air berdasarkan kepolarannya menjadi terganggu. Ketika diberi tekanan, waktu kontak antara asam lemak bebas dengan zeolit menjadi kurang maksimal sehingga adsorpsi terjadi tapi tidak mencapai kesetimbangan, dan asam lemak bebas yang seharusnya terjebak menjadi keluar melewati kolom. Di sisi lain, dengan adanya tekanan atau gaya dorong menyebabkan molekul air yang diselimuti oleh molekul-molekul minyak dapat terdorong keluar dari molekul-molekul minyak dan diadsorpsi oleh zeolit. Selain itu, molekul air lebih kecil ukurannya dan lebih polar daripada molekul asam lemak bebas sehingga zeolit lebih memilih untuk mengadsorpsi molekul air.

Hal ini menunjukkan bahwa air tidak saja membentuk ikatan hidrogen, namun juga diadsorpsi oleh zeolit berdasarkan sifat kepolarannya. Kecenderungan ini sesuai dengan prinsip *like dissolve like*. Molekul air yang teradsorpsi dan berikatan dengan zeolit berdasarkan sifat kepolarannya menyebabkan interaksi antara zeolit dengan air menjadi lebih kuat dibandingkan dengan interaksi antara zeolit dengan molekul asam lemak bebas yang tingkat kepolarannya lebih rendah daripada kepolaran air sehingga dengan adanya tekanan, molekul air yang teradsorpsi tidak mudah terlepas lagi. Kepolaran



dan ukuran molekul yang dimiliki air yang menyebabkan kadar air dalam minyak jarak menjadi lebih mudah untuk dikurangi (mencapai 95 %) jika dibandingkan dengan penurunan kadar asam lemak bebas yang hanya mencapai 39,29 %.



**Gambar 4.7.** Mekanisme pemisahan molekul air ( $0,96 \text{ \AA}$ ), asam lemak bebas ( $20 \text{ \AA}$ ) dan trigliserida ( $30 \text{ \AA}$ ) pada zeolit ( $28,14 \text{ \AA}$ )

## BAB V KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ukuran butiran zeolit baik yang teraktivasi maupun tidak teraktivasi memberikan hasil adsorpsi asam lemak bebas optimum pada ukuran  $-80+100\text{ mesh}$ , Semakin kecil ukuran butiran zeolit maka penurunan angka asam semakin besar. Zeolit teraktivasi memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik (39,3 %) daripada zeolit tanpa aktivasi (34,5 %). Sedangkan dalam kemampuannya mengadsorpsi air baik zeolit teraktivasi maupun tidak teraktivasi memberikan hasil yang sama, dengan rata-rata penyerapan 85 % untuk berbagai ukuran.

### 5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh jenis aktivasi terhadap penurunan angka asam sedangkan untuk pemisahan air pada minyak jarak cukup menggunakan zeolit tanpa aktivasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, K.O., and C.O., Adedire, 2006, *Chemical Composition and Insecticidal Properties of the Underutilized Jatropha curcas Seed Oil*, African Journal of Biotechnology vol. 5, No.10 hal 901-906.
- Amri, A. S., dan M., Fahrurozi, 2004, *Keseimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd (II) dan Cr (III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol*, Jurnal Natur Indonesia 6(2): 111-117.
- Anonymous, 2006, *Biodiesel*, <http://www.sentrapolimer.com> - Sentra Teknologi Polimer, Diakses tanggal 10 juni 2009.
- Canakci, M. and J. V., Gerpen, 2001, *Biodiesel Production from Oils and Fats with High Free Fatty Acids*, ASAE Transactions, 44 (6):1429-1436.
- Cornelia, M., 2000, *Telaah Tentang Kemungkinan Memproduksi Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar Sebagai Bahan Pengganti Automotive Diesel Oil*, thesis Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Dean, J. A., 1970, *Chemical Separation Methods*, Van Nostrand Reinhold, London.
- Eddy, R. H., 2008, *Potensi dan Pemanfaatan Zeolit di Provinsi Jawa Barat dan Banten*, <http://www.dim.esdm.go.id> - Pusat Sumber Daya Geologi (PMG), diakses tanggal 07/06/09.
- Hadjar, I., M., M., 1985, *Teknik Analisis Obat dalam Cairan Biologis Dengan GLC dan HPL*, UGM, Yogyakarta.
- Hambali, E., Suryani, A., Dadang, Hariyadi, H., Hanafie, I., K. Reksowardojo, M. Rivai, M. Ihsanur, P. Suryadarma, S. Tjitrosemito, T. H. Soeraidjaja, T. Prawitasari, T., Prakoso, dan Purnama, W., 2006, *Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodiesel*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modification*, Universiti Teknologi Malaysia, Johor.
- Harben, P.W and M. Kuzvart, 1996, *Industrial Minerals: A Global Geology*, *Industrial Minerals Information Ltd*, Metal Bulletin PLC, London, p. 445-450.
- Harjanto, S, 1987, *Lempung, Zeolit, Dolomit, dan Magnesit: Jenis, sifat fisik, cara terjadi dan penggunaannya*, Publikasi

- Khusus Direktorat Sumber daya Mineral, Direktorat Sumber Daya Mineral, Dirjen Geologi dan Sumber daya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi Republik Indonesia, Jakarta, hal. 108-166.*
- Hay, R. L., 1966, *Zeolites and Zeolitic Reactions in Sedimentary rocks*, Dept. Geology and Geophysics, University of California, Berkeley, California.
- Hidayat, Tatang, Djajeng, dan Risfaheri, 2005, *Studi Proses Transesterifikasi Minyak Jarak Pagar (Jatropha curcas L.)*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor.
- Ketaren, S., 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. UI Press, Jakarta.
- Kusumaatmadja, S., 2008, *Pemerintah Kembangkan dan Manfaatkan Jarak Pagar*, Suara Pembaruan. <http://www.sarwono.net> , diakses tanggal 27 Februari 2009.
- Nasiri, J., 2006, *Upaya Mengurangi Ketergantungan Minyak Bumi*. Sentra Teknologi Polimer, Yogyakarta.
- Pitoyo, 1988, *Kemungkinan Ekstraksi Beta Karotena dari Tanah Pemucat Limbah Proses Pemurnian Minyak Kelapa Sawit*, Yogyakarta : UGM.
- Prana, M.S., 2006, *Budi Daya Jarak Pagar Sumber Biodiesel*, Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, LIPI Press, Jakarta.
- Rahmatullah, D.A., G. Wiradini, dan N.P. Arianto, 2007, *Pembuatan Adsorben dari Zeolit Alam dengan Karakteristik Adsorbtion Properties Untuk Kemurnian Bioetanol*, ITB, Bandung.
- Rouessac, F., and A. Rouessac, *Modern Instrumentation Methods and Tsechniques*, Second Edition, University of Le Mans, France.
- Sangha, M.K., P.K. Gupta, V.K. Thapar, and S.R. Verma, 2005, *Storage Studies on Plant Oil and Their Methyl Esters*, College of Agicultural Engineering, Punjab Agicultural University, Ludhiana, India.
- Santoso, Subari, Sudiono, Fanny, dan Widya, 2008, *Rancang Bangun Sistem Kendali Penampung Fraksi Pada Kromatografi Kolom Penukar Ion Berbasis Mikrokontroler At89s5*, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN, Yogyakarta.
- Setiadji, B., Wahidiyah, and I.Tahir, 2004, *Utilization of Activated*

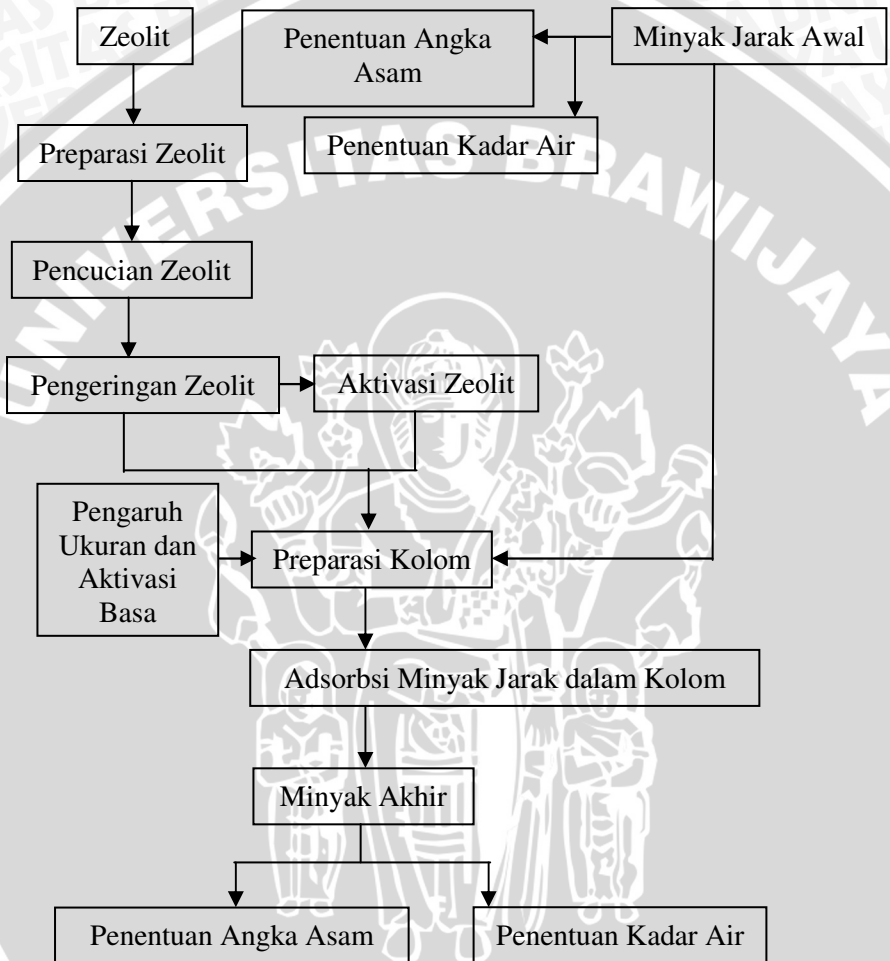


- Zeolit as Molecular Sieve in Chromatographic Column for Separation of Coal Tar Compounds*, Indo. J. Chem, 4, 2, 132-138.
- Smart, L dan Moore, 1992, *Solid State Chemistry an Introduction, 1<sup>st</sup> edition*, Chapman and Hall, London.
- Sudarmadji, S dan Suhardi, 1984, *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan Dan Pertanian*, Edisi Ketiga, Liberty, Yogyakarta.
- Saputra, R., 2006, *Pemanfaatan Zeolit Sintetis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri*  
[http://warmada.staff.ugm.ac.id/Articles/rodhie zeolit.pdf](http://warmada.staff.ugm.ac.id/Articles/rodhie%20zeolit.pdf).
- Sues, A.A.A., 1999, *Wienderverwertung Vongebrauchten Speiseolen/-fetten im energetisch technischen Bereich*, Fortschritt-Berichte VDI.VDI Velag GmbH, Dusseldorf.
- Sutarti dan Minta, 1991, *Zeolit Tinjauan Literatur*, Edisi 1, PDII, Jakarta.
- Suyartono dan Hussaini, 1991, *Tinjauan Terhadap Kegiatan Penelitian Karakteristik dan Pemanfaatan Zeolit*, dalam buletin PPTM Vol. 13, no.4, Bandung.
- Trubus, 2005, *Bahan Bakar Kenderaan Masa Depan*.
- Tyson, K., S. J. Bozell, R.Wallace, E. Petersen, L. Moens, 2004, *Biomass Oil Analysis: Research Needs and Recommendations*, National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-510-34796.
- Walker, N., and D. Stuart, 1983, *An Empirical Method for Conectiagdiffractometer Data for Absorption Effects*, Acta Crystallographica, A39, I 58- I 66
- Williams, M.A., dan R. H. Hron, 1996, *Obtaining Oils and Fats from Source Materials*, Dalam Y.H. Hui (eds) *Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Fifth Edition Volume 4 Edible Oil and Fat Products: Processing Technology*, John Wiley & Sons,INC, New York.



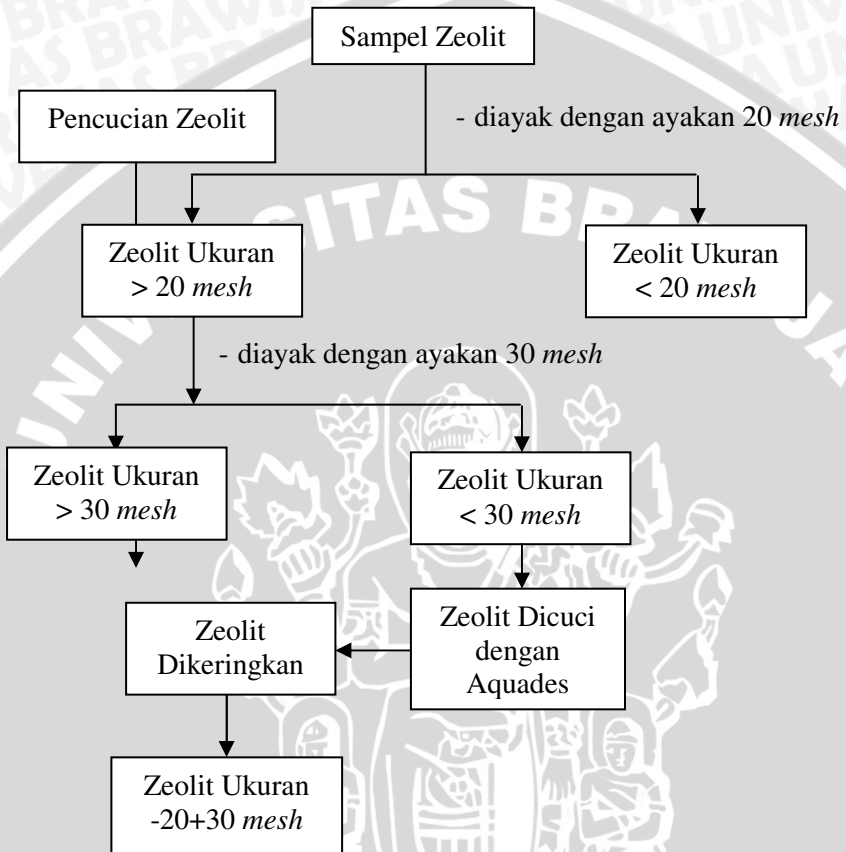
## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Tahapan kerja



## Lampiran 2. Prosedur Kerja

### L.2.1 Preparasi Zeolit Alam Turen



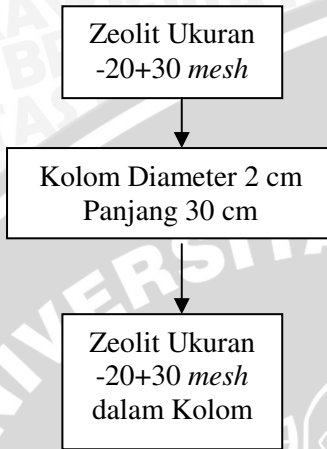
Prosedur yang sama dilakukan untuk mendapatkan ukuran zeolit -30+40, -40+60, -60+80, dan -80+100 mesh.

## L.2.2 Aktivasi Zeolit Alam dengan Basa



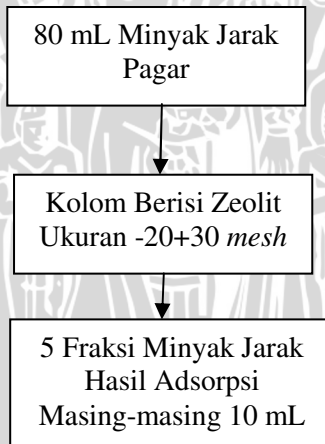
Prosedur yang sama dilakukan untuk mendapatkan zeolit aktif ukuran -30+40, -40+60, -60+80 dan -80+100 *mesh*

### L.2.3 Preparasi Kolom



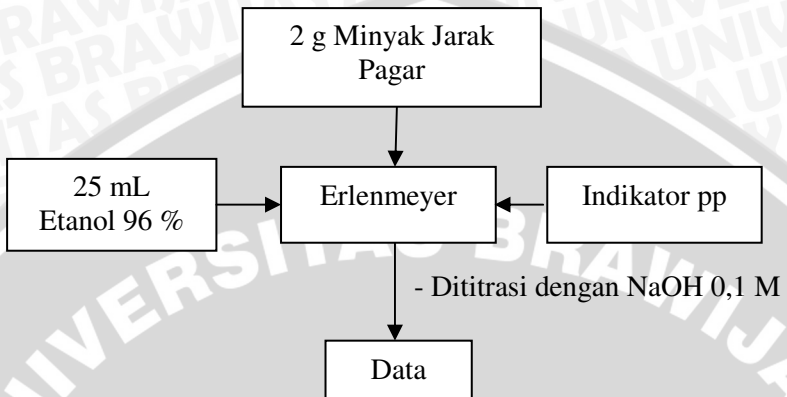
Prosedur yang sama dilakukan untuk mendapatkan kolom berisi zeolit ukuran - ukuran -30+40, -40+60, -60+80, dan -80+100 *mesh*

### L.2.4 Proses Adsorpsi Minyak Jarak Pagar dalam Kolom

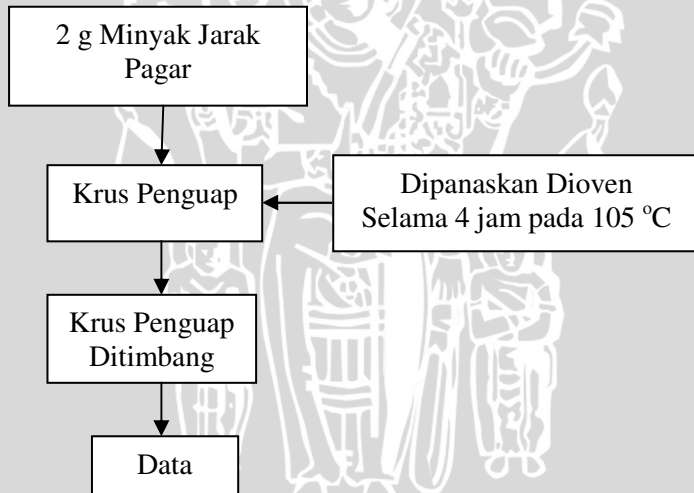


Prosedur yang sama dilakukan untuk mendapatkan fraksi minyak jarak pagar menggunakan kolom berisi zeolit baik dengan dan tanpa aktivasi ukuran -30+40, -40+60, -60+80, dan -80+100 *mesh*

### L.2.5 Uji Angka Asam



### L.2.6 Uji kadar air





### Lampiran 3. Preparasi Larutan dan Pembakuan

#### L.3.1 Pembuatan Larutan NaOH 0,5 N dalam 1000 mL

$$\begin{aligned}[\text{NaOH}] &= (\text{mol NaOH}) / (\text{V. NaOH}) \\ 0,5 \text{ N} &= (\text{mol NaOH}) / (1000 \text{ mL}) \\ \text{Mol NaOH} &= 500 \text{ mmol} \\ \text{Massa NaOH} &= \text{mol NaOH} \times \text{BM NaOH} \\ &= 500 \text{ mmol} \times 40 \text{ mg/mmol} \\ &= 20000 \text{ mg} \\ &= 20 \text{ g}\end{aligned}$$

Ditimbang padatan NaOH sebanyak 20 g kemudian dilarutkan dalam gelas beker 500 mL yang berisi aquades 250 mL, diaduk sampai larut kemudian dimasukkan labu ukur 1000 mL dan ditandabatkan.

#### L.3.2 Preparasi Larutan Indikator Fenolftalein 1 %

Larutan indikator fenolftalein 1 % dibuat dengan cara menimbang fenolftalein sebanyak 5 g, lalu dilarutkan dengan 30 mL etanol 96 % dalam gelas beaker. Kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditandabatkan dengan penambahan etanol 96 %.

#### L.3.3 Preparasi Larutan NaOH 0,1 N Sebanyak 50 mL

$$\begin{aligned}\text{BE NaOH} &= 40 \text{ g/ekiv} \\ \text{Perhitungan :} & \\ \text{Mol NaOH} &= \text{N NaOH} \times \text{volume} \\ &= \text{N NaOH} \times \text{volume} \\ \text{massa NaOH} &= \text{N NaOH} \times \text{volume} \times \text{BE NaOH} \\ \text{massa NaOH} &= 0,1 \text{ ekiv/L} \times 0,05 \text{ L} \times 40 \text{ g/ekiv} \\ \text{massa NaOH} &= 0,2 \text{ g}\end{aligned}$$

Ditimbang sebanyak 0,2 g NaOH dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL kemudian diencerkan dengan aquades pada labu ukur 50 mL sampai tanda batas.

#### L.3.4 Standarisasi Larutan NaOH

Standarisasi larutan NaOH alkoholis 0,1 N dilakukan dengan titrasi menggunakan asam oksalat 0,1043 N. Sebanyak 5 mL larutan

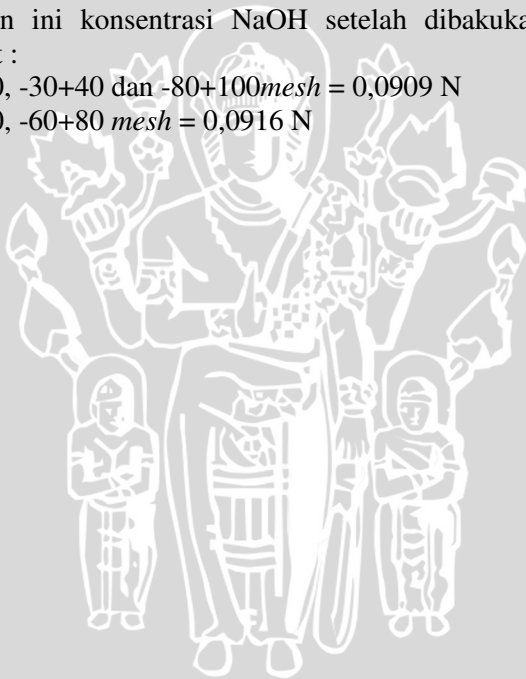
asam oksalat 0,1043 N dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambah dengan 3 tetes indikator fenolftalein. Kemudian larutan tersebut dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N dan dicatat volume NaOH yang diperlukan. Dilakukan duplo, lalu dihitung normalitas larutan NaOH :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Ekiv } H_{H_2C_2O_4} & = & \text{Ekiv } NaOH \\
 [H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O] & = & [NaOH] \\
 [N_{H_2C_2O_4} \cdot V_1] & = & [N_{NaOH} \cdot V_2] \\
 0,1043 N \times 5 \text{ mL} & = & [NaOH] \times 5,69 \text{ mL} \\
 [NaOH] & = & 0,0916 N
 \end{array}$$

Pada penelitian ini konsentrasi NaOH setelah dibakukan adalah sebagai berikut :

Ukuran -20+30, -30+40 dan -80+100mesh = 0,0909 N

Ukuran -40+60, -60+80 mesh = 0,0916 N



## Lampiran 4. Perhitungan

### L.4.1 Konversi Pipa U

Rumus yang digunakan adalah rumus bejana berhubungan yaitu :

$$P_1 - P_2 = (\rho_f - \rho) g.d$$

Dimana  $P_1 - P_2$  : tekanan pada tabung filtrasi

$\rho_f$  : massa jenis minyak jarak

$\rho$  : massa jenis udara

$g$  : gaya gravitasi

$d$  : perbedaan tinggi minyak pada 2 sisi pipa U

Contoh:

- untuk  $d = 70 \text{ cm} = 0,7 \text{ m}$

$$\begin{aligned} P_1 - P_2 &= (\rho_f - \rho) g.d \\ &= (0,92 \times 10^3 - 1,29) \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,7 \text{ m} \\ &= 918,71 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,7 \text{ m} \\ &= 6300 \text{ kg/m.s}^2 \end{aligned}$$

### L.4.2 Konversi Ukuran Zeolit Alam Turen

Butiran adsorben pada umumnya dinyatakan dalam satuan ukuran partikel yang biasanya dalam bentuk *mesh*. Satuan ini dapat dikonversikan menurut satuan Amerika (US *mesh*) atau Inggris (BSS *mesh*) (Dorfner, 1991).

$$\text{US mesh} = \frac{16}{\text{mesh}} = \text{diameter partikel (mm)}$$

### L.4.3 Perhitungan Angka Asam

$$\text{Angka Asam} = \frac{\text{mL NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM KOH}}{\text{berat sampel}}$$

Contoh perhitungan angka asam dalam minyak jarak pagar:

Volume NaOH titrasi I	= 4,74 mL
Volume NaOH titrasi II	= 4,76 mL
Volume NaOH titrasi rata-rata	= 4,75 mL
Normalitas NaOH	= 0,09504 N
Massa sampel	= 2 g

$$\text{Angka asam} = \frac{4,75 \text{ mL} \times 0,09504 \times 56,1}{2} \times 100\%$$

$$\text{Angka asam} = 12,66 \% \text{ mg KOH/g minyak}$$

#### L.4.4 Perhitungan Kadar Air

$$\text{Kadar Air} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Contoh perhitungan kadar air dalam minyak jarak pagar:

$$\text{Massa cawan penguap} = 36,6295 \text{ g}$$

$$\text{Massa awal (cawan + minyak)} = 38,6430 \text{ g}$$

$$\text{Massa akhir (cawan + minyak)} = 38,6426 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(38,6430 - 38,6426) \text{ g}}{(38,6430 - 36,6295) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 0,0198 \% \end{aligned}$$

**Lampiran 5. Data Hasil Pemurnian Minyak Jarak**  
**L.5.1 Data Penentuan Angka Asam Minyak Jarak Pagar**

**Tabel L.5.1** Data penentuan angka asam menggunakan zeolit tanpa aktivasi

**Ukuran 20-30 mesh (I)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0086	4	10.1553	10.3764	12.0387	1.6623	13.8083
	2	2.0018	4.16	10.5974				
2	1	2.001	4.14	10.5507	10.6855	12.0387	1.3532	11.2402
	2	2.0171	4.28	10.8204				
3	1	2.0034	4.3	10.9453	11.0955	12.0387	0.9432	7.8348
	2	2.0043	4.42	11.2457				
4	1	2.0016	4.4	11.2099	11.1875	12.0387	0.8512	7.0705
	2	2.0005	4.38	11.1651				
5	1	2.0009	4.52	11.5197	11.5266	12.0387	0.5121	4.2534
	2	2.0029	4.53	11.5336				

**Ukuran 20-30 mesh (II)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0021	4.4	11.2071	11.3370	12.0387	0.7017	5.8284
	2	2.0012	4.5	11.4670				
2	1	2.0012	4.48	11.4160	11.2542	12.0387	0.7845	6.5161
	2	2.0044	4.36	11.0925				
3	1	2	4.6	11.7288	11.1929	12.0387	0.8458	7.0256
	2	2.1533	4.5	10.6570				
4	1	2.0001	4.55	11.6008	11.5444	12.0387	0.4943	4.1057
	2	2.0064	4.52	11.4881				
5	1	2	4.5	11.4739	11.4665	12.0387	0.5722	4.7526
			4.51	11.4592				



**Ukuran 30-40 mesh (I)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	1.9994	4.23	10.7887	10.7432	12.0387	1.2955	10.7613
	2	2.0021	4.2	10.6977				
2	1	1.9992	4.29	10.9428	10.9454	12.0387	1.0933	9.0815
	2	2.0029	4.3	10.9480				
3	1	2.0019	4.39	11.1828	11.1910	12.0387	0.8477	7.0413
	2	2.0035	4.4	11.1993				
4	1	1.9998	4.49	11.4495	11.4585	12.0387	0.5802	4.8193
	2	2.0011	4.5	11.4675				
5	1	2.0007	4.59	11.6992	11.5774	12.0387	0.4613	3.8320
	2	2.0032	4.5	11.4555				

**Ukuran 30-40 mesh (II)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0004	4.16	10.6048	10.7811	12.0387	1.2576	10.4465
	2	2.0012	4.3	10.9573				
2	1	2.0006	4.21	10.7312	10.9767	12.0387	1.0620	8.8213
	2	1.9994	4.4	11.2222				
3	1	2.0025	4.32	11.0011	11.0732	12.0387	0.9655	8.0203
	2	1.9995	4.37	11.1452				
4	1	2.0226	4.46	11.2448	11.2723	12.0387	0.7664	6.3658
	2	1.9992	4.43	11.2999				
5	1	2.0011	4.48	11.4166	11.3054	12.0387	0.7333	6.0911
	2	2.0044	4.4	11.1943				

**Ukuran 40-60 mesh (I)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0018	4.18	10.6484	10.6467	13.0749	2.4282	18.5712
	2	2.0072	4.19	10.6451				
2	1	2.0052	4.35	11.0626	10.9749	13.0749	2.1000	16.0611
	2	2.0094	4.29	10.8872				
3	1	2.0018	4.37	11.1324	11.1798	13.0749	1.8951	14.4939
	2	1.9985	4.4	11.2273				
4	1	1.9996	4.5	11.4761	11.3643	13.0749	1.7106	13.0832
	2	2.0031	4.42	11.2524				
5	1	2.0058	4.51	11.4661	11.5023	13.0749	1.5726	12.0274
	2	2.0153	4.56	11.5386				

**Ukuran 40-60 mesh (II)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0002	4.3	10.9628	10.5679	13.0749	2.5070	19.1740
	2	2.0051	4	10.1730				
2	1	2.0092	4.28	10.8629	10.8648	13.0749	2.2101	16.9034
	2	2.0179	4.3	10.8666				
3	1	2.0003	4.3	10.9623	11.0925	13.0749	1.9824	15.1619
	2	2.0084	4.42	11.2227				
4	1	1.9234	4.4	11.6657	11.2400	13.0749	1.8349	14.0337
	2	2.0088	4.26	10.8143				
5	1	2.0026	4.43	11.2807	11.4662	13.0749	1.6087	12.3040
	2	2.0045	4.58	11.6516				

**Ukuran 60-80 mesh (I)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0093	3.88	9.8472	9.9744	13.0749	3.1005	23.7135
	2	1.9991	3.96	10.1015				
2	1	2.0008	4.21	10.7301	10.8440	13.0749	2.2309	17.0624
	2	2.0011	4.3	10.9579				
3	1	2.0003	4.38	11.1662	11.0664	13.0749	2.0085	15.3613
	2	1.9995	4.3	10.9666				
4	1	2.0064	4.68	11.8947	11.5194	13.0749	1.5555	11.8968
	2	2.018	4.41	11.1441				
5	1	2.0018	4.6	11.7183	11.5298	13.0749	1.5451	11.8175
	2	2.0009	4.45	11.3413				

**Ukuran 60-80 mesh (II)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0011	4	10.1934	10.4501	13.0749	2.6248	20.0753
	2	2.0004	4.2	10.7068				
2	1	2.0007	4.32	11.0110	10.9609	13.0749	2.1140	16.1685
	2	2.0004	4.28	10.9107				
3	1	2.0097	4.37	11.0886	11.1719	13.0749	1.9030	14.5544
	2	2.0026	4.42	11.2552				
4	1	2.0012	4.31	10.9828	10.9701	13.0749	2.1048	16.0982
	2	2.0012	4.3	10.9573				
5	1	2.0014	4.36	11.1091	11.3075	13.0749	1.7674	13.5176
	2	2.0033	4.52	11.5059				

**Ukuran 80-100 mesh (I)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0174	3.3	8.3416	8.1577	13.1562	4.9985	37.9931
	2	2.0081	3.14	7.9739				
2	1	2.0143	4.2	10.6329	10.7377	13.1562	2.4185	18.3832
	2	2.013	4.28	10.8424				
3	1	2.0006	4.34	11.0626	11.1021	13.1562	2.0541	15.6129
	2	2.0047	4.38	11.1417				
4	1	2.0029	4.46	11.3554	11.0774	13.1562	2.0788	15.8007
	2	1.9974	4.23	10.7995				
5	1	2.0192	4.66	11.7688	11.5973	13.1562	1.5589	11.8494
	2	1.9995	4.48	11.4257				

**Ukuran 80-100 mesh (II)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0164	3.6	9.1044	9.0684	13.1562	4.0878	31.0714
	2	2.0212	3.58	9.0323				
2	1	2.0117	4.22	10.6973	10.6689	13.1562	2.4873	18.9062
	2	2.0033	4.18	10.6404				
3	1	2.0005	4.38	11.1651	11.3160	13.1562	1.8402	13.9871
	2	2.0012	4.5	11.4670				
4	1	2.004	4.56	11.6036	11.6224	13.1562	1.5338	11.6584
	2	2.0063	4.58	11.6412				
5	1	2.014	4.68	11.8499	11.6514	13.1562	1.5048	11.4379
	2	2.0081	4.51	11.4530				

**Tabel L.5.2** Data penentuan angka asam menggunakan zeolit teraktivasi

**Ukuran 20-30 mesh (I)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0036	4.12	10.4861	10.3146	12.0387	1.7241	14.3210
	2	2.011	4	10.1432				
2	1	2.0013	4.21	10.7275	10.7725	12.0387	1.2662	10.5180
	2	2.0035	4.25	10.8175				
3	1	1.9989	4.31	10.9954	11.0395	12.0387	0.9992	8.2996
	2	2.0014	4.35	11.0836				
4	1	1.9992	4.42	11.2744	11.2583	12.0387	0.7804	6.4828
	2	2.0004	4.41	11.2421				
5	1	2.0007	4.5	11.4698	11.4647	12.0387	0.5740	4.7681
	2	2.0025	4.5	11.4595				

**Ukuran 20-30 mesh (II)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	4.36	11.1169	10.9116	12.0387	1.1271	9.3626
	2	2.0005	4.2	10.7063				
2	1	2.0023	4.3	10.9513	10.9621	12.0387	1.0766	8.9426
	2	2.003	4.31	10.9729				
3	1	2.0023	4.36	11.1041	11.1742	12.0387	0.8645	7.1806
	2	2	4.41	11.2444				
4	1	2.0039	4.51	11.4770	11.4671	12.0387	0.5716	4.7480
	2	2.0029	4.5	11.4572				
5	1	2.0006	4.49	11.4449	11.4971	12.0387	0.5416	4.4988
	2	2.0046	4.54	11.5493				



**Ukuran 30-40 mesh (I)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	1.9997	4.14	10.5575	10.6088	12.0387	1.4299	11.8776
	2	1.9996	4.18	10.6601				
2	1	1.9993	4.28	10.9167	10.7788	12.0387	1.2599	10.4653
	2	2.0032	4.18	10.6409				
3	1	2.0002	4.36	11.1158	11.1119	12.0387	0.9268	7.6986
	2	2.0016	4.36	11.1080				
4	1	2.0051	4.44	11.2921	11.1795	12.0387	0.8592	7.1367
	2	1.9998	4.34	11.0670				
5	1	2.0038	4.4	11.1976	11.3644	12.0387	0.6743	5.6011
	2	1.9989	4.52	11.5312				

**Ukuran 30-40 mesh (II)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0006	4.21	10.7312	10.4791	12.0387	1.5596	12.9550
	2	2.0045	4.02	10.2270				
2	1	2.0008	4.29	10.9340	10.9085	12.0387	1.1302	9.3877
	2	2.0008	4.27	10.8831				
3	1	2.0001	4.24	10.8104	10.9858	12.0387	1.0529	8.7461
	2	2.0012	4.38	11.1612				
4	1	2.0046	4.47	11.3712	11.4403	12.0387	0.5984	4.9710
	2	2.0027	4.52	11.5093				
5	1	2.0026	4.5	11.4590	11.4423	12.0387	0.5964	4.9537
	2	1.9995	4.48	11.4257				

**Ukuran 40-60 mesh (I)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0009	4	10.1944	10.0657	13.0749	3.0092	23.0149
	2	2.0014	3.9	9.9370				
2	1	2.0017	4.16	10.5979	10.5767	13.0749	2.4982	19.1070
	2	2.0001	4.14	10.5554				
3	1	2.001	4.24	10.8055	10.7519	13.0749	2.3230	17.7671
	2	2.002	4.2	10.6982				
4	1	2.0001	4.36	11.1163	11.0848	13.0749	1.9901	15.2211
	2	2.0023	4.34	11.0532				
5	1	2.0035	4.42	11.2502	10.9533	13.0749	2.1216	16.2268
	2	2.0003	4.18	10.6563				

**Ukuran 40-60 mesh (II)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	4.12	10.5049	10.4875	13.0749	2.5874	19.7891
	2	2.0018	4.11	10.4700				
2	1	1.9997	4.3	10.9655	10.8823	13.0749	2.1926	16.7696
	2	2.0022	4.24	10.7990				
3	1	2.0023	4.36	11.1041	11.0825	13.0749	1.9924	15.2382
	2	2.0009	4.34	11.0609				
4	1	2.0057	4.3	10.9327	11.0223	13.0749	2.0526	15.6987
	2	2.0009	4.36	11.1119				
5	1	1.9996	4.66	11.8842	11.6701	13.0749	1.4048	10.7439
	2	2.0031	4.5	11.4561				

**Ukuran 60-80 mesh (I)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0007	3.78	9.6347	9.8371	13.0749	3.2378	24.7637
	2	2.0013	3.94	10.0395				
2	1	2.0012	4.09	10.4222	10.6206	13.0749	2.4543	18.7709
	2	1.9985	4.24	10.8190				
3	1	2.0013	4.23	10.7784	10.7831	13.0749	2.2918	17.5285
	2	2.0043	4.24	10.7877				
4	1	2.0007	4.28	10.9091	10.9327	13.0749	2.1422	16.3844
	2	2.0014	4.3	10.9562				
5	1	2.0042	4.46	11.3480	11.2557	13.0749	1.8192	13.9135
	2	2.0008	4.38	11.1634				

**Ukuran 60-80 mesh (II)**

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	3.9	9.9440	9.8100	13.0749	3.2649	24.9705
	2	2.0343	3.86	9.6761				
2	1	2.0009	4.15	10.5767	10.6879	13.0749	2.3870	18.2567
	2	2.0022	4.24	10.7990				
3	1	2.0023	4.4	11.2060	10.9678	13.0749	2.1071	16.1157
	2	2.0009	4.21	10.7296				
4	1	2.0057	4.36	11.0853	11.1750	13.0749	1.8999	14.5305
	2	2.0009	4.42	11.2648				
5	1	1.9998	4.56	11.6280	11.4402	13.0749	1.6347	12.5025
	2	2.0031	4.42	11.2524				

### Ukuran 80-100 mesh (I)

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2.0006	3.12	7.9528	7.8010	13.1562	5.3552	40.7046
	2	2	3	7.6492				
2	1	2.004	4.21	10.7130	10.7704	13.1562	2.3858	18.1346
	2	2.0016	4.25	10.8278				
3	1	1.9998	4.23	10.7865	11.0212	13.1562	2.1350	16.2285
	2	2.0025	4.42	11.2558				
4	1	1.9993	4.36	11.1208	11.2653	13.1562	1.8909	14.3730
	2	2.0023	4.48	11.4097				
5	1	2	4.36	11.1169	11.1889	13.1562	1.9673	14.9536
	2	2.0016	4.42	11.2609				

### Ukuran 80-100 mesh (II)

F	D	Massa M (g)	V. NaOH (mL)	Angka Asam	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	3.1	7.9042	8.1717	13.1562	4.9845	37.8869
	2	2.0001	3.31	8.4392				
2	1	2	4	10.1990	10.5196	13.1562	2.6366	20.0407
	2	2.004	4.26	10.8402				
3	1	2.0034	4.3	10.9453	11.0175	13.1562	2.1387	16.2561
	2	2.0003	4.35	11.0897				
4	1	2.0002	4.35	11.0903	11.1404	13.1562	2.0158	15.3218
	2	2.0005	4.39	11.1906				
5	1	2.0009	4.63	11.8000	11.7632	13.1562	1.3930	10.5878
	2	2.0004	4.6	11.7265				

## L.5.2 Data Penentuan Kadar Air Minyak Jarak Pagar

**Tabel L.5.3** Data penentuan kadar air menggunakan zeolit tanpa aktivasi

### Ukuran 20-30 mesh (I)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1,988	0,012	0,0095	0,023	0,0135	58,6957
	2	2	1,993	0,007				
2	1	2	1,994	0,006	0,0095	0,023	0,0135	58,6957
	2	2	1,987	0,013				
3	1	2	1,999	0,001	0,001	0,023	0,022	95,6522
	2	2	1,999	0,001				
4	1	2	1,999	0,001	0,001	0,023	0,022	95,6522
	2	2	1,999	0,001				
5	1	2	1,998	0,002	0,002	0,023	0,021	91,3043
	2	2	1,998	0,002				

### Ukuran 20-30 mesh (II)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1,999	0,001	0,001	0,023	0,022	95,6522
	2	2	1,999	0,001				
2	1	2	1,999	0,001	0,001	0,023	0,022	95,6522
	2	2	1,999	0,001				
3	1	2	1,999	0,001	0,001	0,023	0,022	95,6522
	2	2	1,999	0,001				
4	1	2	1,999	0,001	0,0005	0,023	0,0225	97,8261
	2	2	2	0				
5	1	2	2	0	0,001	0,023	0,022	95,6522
	2	2	1,998	0,002				



### Ukuran 30-40 mesh (I)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	2	0	0	0.023	0.023	100.0000
	2	2	2	0				
2	1	2	2	0	0	0.023	0.023	100.0000
	2	2	2	0				
3	1	2	1.999	0.001	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	2	0				
4	1	2	2	0	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	1.999	0.001				
5	1	2	1.999	0.001	0.0015	0.023	0.0215	93.4783
	2	2	1.998	0.002				

### Ukuran 30-40 mesh (II)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.992	0.008	0.005	0.023	0.018	78.2609
	2	2	1.998	0.002				
2	1	2	2	0	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	1.999	0.001				
3	1	2	2	0	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	1.999	0.001				
4	1	2	1.999	0.001	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.999	0.001				
5	1	2	1.999	0.001	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.999	0.001				

### Ukuran 40-60 mesh (I)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.997	0.003	0.003	0.023	0.02	86.9565
	2	2	1.997	0.003				
2	1	2	1.998	0.002	0.003	0.023	0.02	86.9565
	2	2	1.996	0.004				
3	1	2	1.998	0.002	0.002	0.023	0.021	91.3043
	2	2	1.998	0.002				
4	1	2	1.997	0.003	0.002	0.023	0.021	91.3043
	2	2	1.999	0.001				
5	1	2	1.998	0.002	0.0045	0.023	0.0185	80.4348
	2	2	1.993	0.007				

### Ukuran 40-60 mesh (II)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.999	0.001	0.0015	0.023	0.0215	93.4783
	2	2	1.998	0.002				
2	1	2	1.999	0.001	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	2	0				
3	1	2	1.999	0.001	0.0015	0.023	0.0215	93.4783
	2	2	1.998	0.002				
4	1	2	1.999	0.001	0.0025	0.023	0.0205	89.1304
	2	2	1.996	0.004				
5	1	2	1.999	0.001	0.0025	0.023	0.0205	89.1304
	2	2	1.996	0.004				

### Ukuran 60-80 mesh (I)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.998	0.002	0.002	0.023	0.021	91.3043
	2	2	1.998	0.002				
2	1	2	1.998	0.002	0.0015	0.023	0.0215	93.4783
	2	2	1.999	0.001				
3	1	2	1.999	0.001	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	2	0				
4	1	2	1.995	0.005	0.003	0.023	0.02	86.9565
	2	2	1.999	0.001				
5	1	2	1.984	0.016	0.009	0.023	0.014	60.8696
	2	2	1.998	0.002				

### Ukuran 60-80 mesh (II)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.999	0.001	0.002	0.023	0.021	91.3043
	2	2	1.997	0.003				
2	1	2	1.997	0.003	0.002	0.023	0.021	91.3043
	2	2	1.999	0.001				
3	1	2	1.999	0.001	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	2	0				
4	1	2	1.998	0.002	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	2	0				
5	1	2	1.998	0.002	0.002	0.023	0.021	91.3043
	2	2	1.998	0.002				

**Ukuran 80-100 mesh (I)**

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.999	0.001	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	2	0				
2	1	2	1.995	0.005	0.005	0.023	0.018	78.2609
	2	2	1.995	0.005				
3	1	2	2	0	0.0015	0.023	0.0215	93.4783
	2	2	1.997	0.003				
4	1	2	1.997	0.003	0.0025	0.023	0.0205	89.1304
	2	2	1.998	0.002				
5	1	2	2	0	0.0015	0.023	0.0215	93.4783
	2	2	1.997	0.003				

**Ukuran 80-100 mesh (II)**

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.964	0.036	0.0195	0.023	0.0035	15.2174
	2	2	1.997	0.003				
2	1	2	1.984	0.016	0.013	0.023	0.01	43.4783
	2	2	1.99	0.01				
3	1	2	2	0	0	0.023	0.023	100.0000
	2	2	2	0				
4	1	2	2	0	0	0.023	0.023	100.0000
	2	2	2	0				
5	1	2	1.999	0.001	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.999	0.001				

**Tabel L.5.4** Data penentuan kadar air menggunakan zeolit Teraktivasi

**Ukuran 20-30 mesh (I)**

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.999	0.001	0.002	0.023	0.021	91.3043
	2	2	1.997	0.003				
2	1	2	1.998	0.002	0.0015	0.023	0.0215	93.4783
	2	2	1.999	0.001				
3	1	2	1.997	0.003	0.0015	0.023	0.0215	93.4783
	2	2	2	0				
4	1	2	1.99	0.01	0.009	0.023	0.014	60.8696
	2	2	1.992	0.008				
5	1	2	1.996	0.004	0.0035	0.023	0.0195	84.7826
	2	2	1.997	0.003				

**Ukuran 20-30 mesh (II)**

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.999	0.001	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.999	0.001				
2	1	2	1.999	0.001	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.999	0.001				
3	1	2	1.999	0.001	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.999	0.001				
4	1	2	1.999	0.001	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	2	0				
5	1	2	2	0	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.998	0.002				



### Ukuran 30-40 mesh (I)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.999	0.001	0.002	0.023	0.021	91.3043
	2	2	1.997	0.003				
2	1	2	1.998	0.002	0.002	0.023	0.021	91.3043
	2	2	1.998	0.002				
3	1	2	1.998	0.002	0.0015	0.023	0.0215	93.4783
	2	2	1.999	0.001				
4	1	2	1.999	0.001	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	2	0				
5	1	2	1.999	0.001	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.999	0.001				

### Ukuran 30-40 mesh (II)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	2	0	0	0.023	0.023	100.0000
	2	2	2	0				
2	1	2	2	0	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	1.999	0.001				
3	1	2	1.998	0.002	0.002	0.023	0.021	91.3043
	2	2	1.998	0.002				
4	1	2	1.998	0.002	0.002	0.023	0.021	91.3043
	2	2	1.998	0.002				
5	1	2	1.996	0.004	0.004	0.023	0.019	82.6087
	2	2	1.996	0.004				

### Ukuran 40-60 mesh (I)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.998	0.002	0.003	0.023	0.02	86.9565
	2	2	1.996	0.004				
2	1	2	2	0	0.0045	0.023	0.0185	80.4348
	2	2	1.991	0.009				
3	1	2	1.997	0.003	0.009	0.023	0.014	60.8696
	2	2	1.985	0.015				
4	1	2	1.99	0.01	0.0085	0.023	0.0145	63.0435
	2	2	1.993	0.007				
5	1	2	1.991	0.009	0.0065	0.023	0.0165	71.7391
	2	2	1.996	0.004				

### Ukuran 40-60 mesh (II)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.994	0.006	0.006	0.023	0.017	73.9130
	2	2	1.994	0.006				
2	1	2	1.995	0.005	0.0045	0.023	0.0185	80.4348
	2	2	1.996	0.004				
3	1	2	1.994	0.006	0.005	0.023	0.018	78.2609
	2	2	1.996	0.004				
4	1	2	1.987	0.013	0.0135	0.023	0.0095	41.3043
	2	2	1.986	0.014				
5	1	2	1.984	0.016	0.015	0.023	0.008	34.7826
	2	2	1.986	0.014				

### Ukuran 60-80 mesh (I)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.996	0.004	0.0055	0.023	0.0175	76.0870
	2	2	1.993	0.007				
2	1	2	1.992	0.008	0.0115	0.023	0.0115	50.0000
	2	2	1.985	0.015				
3	1	2	1.994	0.006	0.007	0.023	0.016	69.5652
	2	2	1.992	0.008				
4	1	2	1.994	0.006	0.012	0.023	0.011	47.8261
	2	2	1.982	0.018				
5	1	2	1.995	0.005	0.0045	0.023	0.0185	80.4348
	2	2	1.996	0.004				

### Ukuran 60-80 mesh (II)

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> (g)	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.999	0.001	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.999	0.001				
2	1	2	1.999	0.001	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.999	0.001				
3	1	2	1.999	0.001	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.999	0.001				
4	1	2	1.999	0.001	0.0005	0.023	0.0225	97.8261
	2	2	2	0				
5	1	2	2	0	0.001	0.023	0.022	95.6522
	2	2	1.998	0.002				

**Ukuran 80-100 mesh (I)**

F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> ( $\bar{}$ )	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.991	0.009	0.0095	0.023	0.0135	58.6957
	2	2	1.99	0.01				
2	1	2	1.991	0.009	0.0055	0.023	0.0175	76.0870
	2	2	1.998	0.002				
3	1	2	1.987	0.013	0.0125	0.023	0.0105	45.6522
	2	2	1.988	0.012				
4	1	2	1.991	0.009	0.0115	0.023	0.0115	50.0000
	2	2	1.986	0.014				
5	1	2	1.985	0.015	0.013	0.023	0.01	43.4783
	2	2	1.989	0.011				

**Ukuran 80-100 mesh (II)**

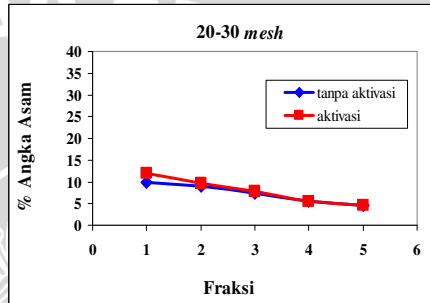
F	D	Massa <sup>1</sup> (g)	Massa <sup>2</sup> ( $\bar{}$ )	Selisih (g)	Rata-rata	Asli	Selisih	% Penurunan
1	1	2	1.994	0.006	0.0065	0.023	0.0165	71.7391
	2	2	1.993	0.007				
2	1	2	1.99	0.01	0.0075	0.023	0.0155	67.3913
	2	2	1.995	0.005				
3	1	2	1.994	0.006	0.004	0.023	0.019	82.6087
	2	2	1.998	0.002				
4	1	2	1.997	0.003	0.006	0.023	0.017	73.9130
	2	2	1.991	0.009				
5	1	2	1.998	0.002	0.007	0.023	0.016	69.5652
	2	2	1.988	0.012				

**Tabel L.5.5 Data Perbandingan Penurunan Angka asam Menggunakan Zeolit Aktivasi dan Tanpa Aktivasi (rata-rata pada kedua perlakuan)**

Ket : ZA : Zeolit Teraktivasi  
 ZTA : Zeolit Tanpa Aktivasi

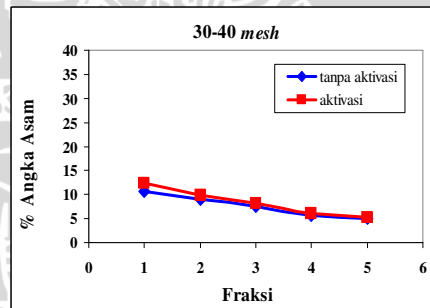
**Ukuran 20-30 mesh**

% Penurunan ZTA	% Penurunan ZA	Fraksi
9.8183	11.8418	1
8.8781	9.7303	2
7.4302	7.7401	3
5.5881	5.6154	4
4.5030	4.6335	5



**Ukuran 30-40 mesh**

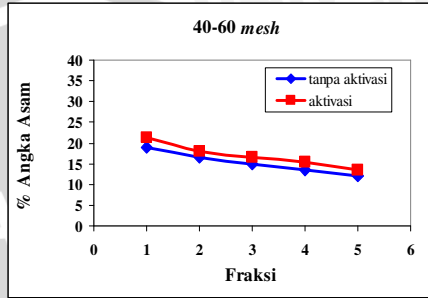
% Penurunan ZTA	% Penurunan ZA	Fraksi
10.6039	12.4163	1
8.9514	9.9265	2
7.5308	8.2224	3
5.5925	6.0538	4
4.9615	5.2774	5





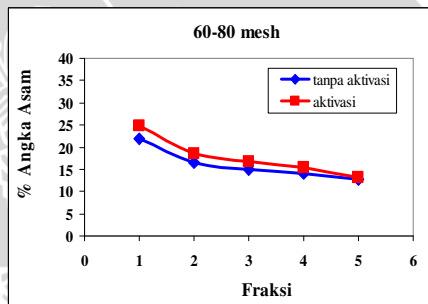
### Ukuran 40-60 mesh

% Penurunan ZTA	% Penurunan ZA	Fraksi
18.8726	21.4020	1
16.4822	17.9383	2
14.8279	16.5026	3
13.5585	15.4599	4
12.1657	13.4854	5



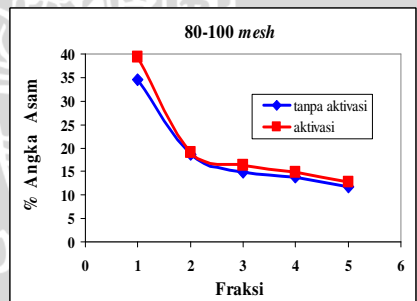
### Ukuran 60-80 mesh

% Penurunan ZTA	% Penurunan ZA	Fraksi
21.8944	24.8671	1
16.6155	18.5138	2
14.9579	16.8221	3
13.9975	15.4574	4
12.6676	13.2080	5



### Ukuran 80-100 mesh

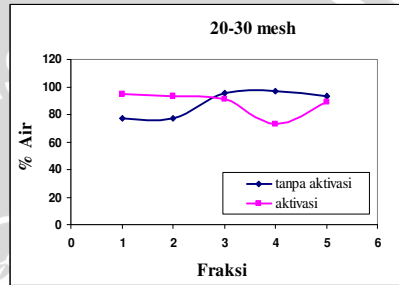
% Penurunan ZTA	% Penurunan ZA	Fraksi
34.5323	39.2957	1
18.6447	19.0876	2
14.8000	16.2423	3
13.7296	14.8474	4
11.6436	12.7707	5



**Tabel L.5.6 Data Perbandingan Penurunan Kadar Air Menggunakan Zeolit Teraktivasi dan Tanpa Aktivasi (rata-rata pada kedua perlakuan)**

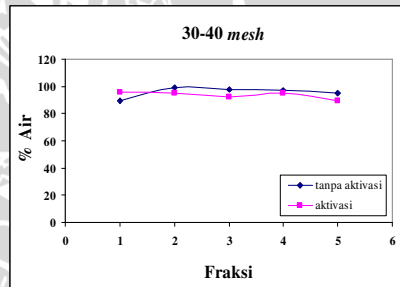
**Ukuran 20-30 mesh**

% Penurunan ZTA	% Penurunan ZA	Fraksi
77.1739	24,2885	1
77.1739	17,8863	2
95.6522	16,1815	3
96.7391	14,8064	4
93.4783	12,5396	5



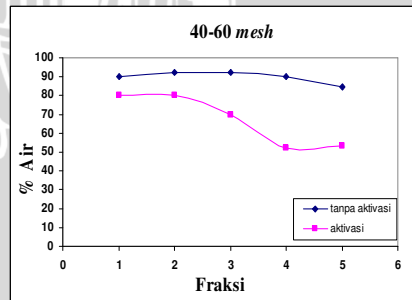
**Ukuran 30-40 mesh**

% Penurunan ZTA	% Penurunan ZA	Fraksi
89.1304	95.6522	1
98.9130	94.5652	2
97.8261	92.3913	3
96.7391	94.5652	4
94.5652	89.1304	5



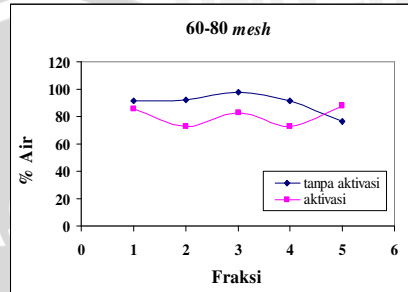
**Ukuran 40-60 mesh**

% Penurunan ZTA	% Penurunan ZA	Fraksi
90.2174	80.4348	1
92.3913	80.4348	2
92.3913	69.5652	3
90.2174	52.1739	4
84.7826	53.2609	5



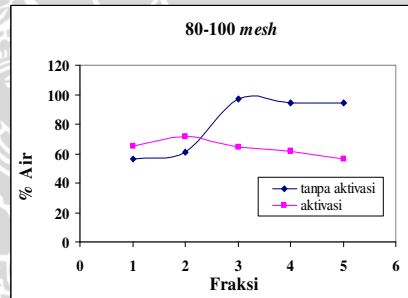
### Ukuran 60-80 mesh

% Penurunan ZTA	% Penurunan ZA	Fraksi
91.3043	85.8696	1
92.3913	72.8261	2
97.8261	82.6087	3
91.3043	72.8261	4
76.0870	88.0435	5



### Ukuran 80-100 mesh

% Penurunan ZTA	% Penurunan ZA	Fraksi
56.5217	65.2174	1
60.8696	71.7391	2
96.7391	64.1304	3
94.5652	61.9565	4
94.5652	56.5217	5



**Lampiran 6 Uji Statistik Penentuan Persen Penurunan Angka Asam Dan Kadar Air**

**L.6.1 Uji Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Aktif Terhadap Proses Adsorpsi Asam Lemak Bebas (fraksi pertama)**

**Tabel L.6.1** Hasil Uji Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Aktif terhadap Proses Adsorpsi Asam Lemak Bebas

Ukuran partikel (mesh)	Penurunan Angka asam (%)		Total	% Penurunan rata-rata
	(1)	(2)		
20-30	14.3210	9.3626	23.6836	11.8418
30-40	11.8776	12.9550	24.8326	12.4163
40-60	23.0149	19.7981	42.8041	21.4020
60-80	24.7637	24.9705	49.7342	24.8671
80-100	40.7046	37.8869	78.5915	39.29575
Total	114.6818	104.9641	219.646	109.823

$$FK = \frac{\left[ \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{p \times n} = \frac{(219.646)^2}{5 \times 2} = 4824.437$$

Ukuran partikel (mesh)	Penurunan Angka asam (%)		(% Penurunan) <sup>2</sup>	
	(1)	(2)	(1)	(2)
20-30	14.3210	9.3626	205.0921	87.6574
30-40	11.8776	12.9550	141.0763	167.8322
40-60	23.0149	19.7981	529.6856	391.6085
60-80	24.7637	24.9705	613.2408	623.5259
80-100	40.7046	37.8869	1656.8611	1435.4183
Total	114.6818	104.9641	3145.959	2706.042

$$\begin{aligned}
 JK \text{ total} &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} - FK \\
 &= 5852.0005 - 4824.437 \\
 &= 1027.5692
 \end{aligned}$$

Ukuran partikel (mesh)	Penurunan Angka asam (%)		Total	Total <sup>2</sup>
	(1)	(2)		
20-30	14.3210	9.3626	23.6836	560.9129
30-40	11.8776	12.9550	24.8326	616.6580
40-60	23.0149	19.7981	42.8041	1832.191
60-80	24.7637	24.9705	49.7342	2473.491
80-100	40.7046	37.8869	78.5915	6176.6239
Total	114.6818	104.9641	219.646	11659.88



$$\begin{aligned}
 \text{JK perlakuan} &= \frac{\left[ \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n_1} - \text{FK} \\
 &= \frac{11659.8660}{2} - 4824.4313 \\
 &= 1005.5017
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK galat} &= \text{JK total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 1027.5692 - 1005.5017 \\
 &= 22.0675
 \end{aligned}$$

Analisis Sidik Ragam (Uji F)

a. Kuadrat Tengah Perlakuan

$$\begin{aligned}
 (\text{KT}_p) &= \frac{\text{JK perlakuan}}{dB \text{ perlakuan}} \\
 &= \frac{1005.5017}{4} = 251.3754
 \end{aligned}$$

b. Kuadrat Tengah Galat Percobaan

$$\begin{aligned}
 (\text{KT}_{GP}) &= \frac{\text{JK galatpercobaan}}{dB \text{ galatpercobaan}} \\
 &= \frac{22.0675}{5} = 4.4135
 \end{aligned}$$

c. Menghitung Nilai F

$$\begin{aligned}
 F_{\text{hitung}} &= \frac{\text{KT perlakuan}}{\text{KT galatpercobaan}} \\
 &= \frac{251.3754}{4.4135} = 56.9560
 \end{aligned}$$

## Uji Beda Nyata Terkecil (Fraksi Pertama)

### Analisis sidik ragam satu arah

SK	Db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	1005.5017	251.3754	56.560	5.1900
Galat	5	22.0675	4.4135		
Total	9	1027.569	255.7889		

Hasil uji F menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan membuat variasi ukuran partikel dapat mempengaruhi % penurunan angka asam. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

### Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(a/2; dB_{galat}) * \sqrt{2 * KT_{galat}/n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(0.005; 5) * \sqrt{2 * 4.135/2}$$

$$BNT(1\%) = 4.032 * \sqrt{2 * 4.135/2}$$

$$BNT(1\%) = 8.4860$$

Ukuran (mesh)	Penurunan Angka asam (%) rata-rata					
		11.84	12.42	21.40	24.87	39.30
20-30	11.84	0.00	0.57	9.56*	13.03*	27.45*
30-40	12.42	-0.58	0.00	8.98	12.45*	26.88*
40-60	21.40	-8.96	-8.38	0.00	4.07	18.50*
60-80	24.87	-12.45	-11.87	-2.89	0.00	15.01*
80-100	39.30	-27.46	-26.88	-17.90	-4.43	0.00

Keterangan :

\* = memberikan nilai beda nyata

Dilakukan Perhitungan yang sam untuk fraksi ke-2, 3, 4, dan ke-5 dan uji beda nyata terkecilnya adalah sebagai berikut

## Uji Beda Nyata Terkecil (Fraksi Kedua)

### Analisis sidik ragam satu arah

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	167.1720	41.7930	31.9184	5.1900
Galat	5	6.5469	1.3094		
Total	9	173.7189	43.1024		

Hasil uji F menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan membuat variasi ukuran partikel dapat mempengaruhi % penurunan angka asam. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

### Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(a/2; dB_{galat}) * \sqrt{2 * KT_{galat}/n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(0.005; 5) * \sqrt{2 * 1.3094/2}$$

$$BNT(1\%) = 4.032 * \sqrt{2 * 1.3094/2}$$

$$BNT(1\%) = 4.6137$$

Ukuran (mesh)	Penurunan Angka asam (%) rata-rata					
		9.73	9.93	17.30	17.88	19.09
20-30	9.73	0.00	0.20	7.57*	8.15*	9.36*
30-40	9.93	-0.20	0.00	7.37*	7.95*	9.16*
40-60	17.30	-7.57	-7.37	0.00	0.58	1.79
60-80	17.88	-8.15	-7.95	-0.58	0.00	1.21
80-100	19.09	-9.36	-9.16	-1.79	-1.21	0.00

Keterangan :

\* = memberikan nilai beda nyata

## Uji Beda Nyata Terkecil (Fraksi Ketiga)

### Analisis sidik ragam satu arah

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	158.2566	39.5642	36.3910	5.1900
Galat	5	5.4360	1.0872		
Total	9	163.6926	40.6514		

Hasil uji F menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan membuat variasi ukuran partikel dapat mempengaruhi % penurunan angka asam. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

### Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(a/2; dB_{galat}) * \sqrt{2 * KT_{galat}/n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(0.005; 5) * \sqrt{2 * 1.0872/2}$$

$$BNT(1\%) = 4.032 * \sqrt{2 * 1.0872/2}$$

$$BNT(1\%) = 4.2041$$

Ukuran (mesh)	Penurunan Angka asam (%) rata-rata					
		7.74	8.22	15.86	16.18	16.24
20-30	7.74	0.00	0.48	8.12*	8.44*	8.50*
30-40	8.22	-0.48	0.00	7.64*	7.96*	8.02*
40-60	15.86	-8.12	-7.64	0.00	0.32	0.38
60-80	16.18	-8.44	-7.96	-0.32	0.00	0.06
80-100	16.24	-8.50	-8.02	-0.38	-0.06	0.00

Keterangan :

\* = memberikan nilai beda nyata

## Uji Beda Nyata Terkecil (Fraksi Keempat)

### Analisis sidik ragam satu arah

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	193.8571	48.4643	39.3324	5.1900
Galat	5	6.1609	1.2322		
Total	9	200.0180	49.6965		

Hasil uji F menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan membuat variasi ukuran partikel dapat mempengaruhi % penurunan angka asam. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

### Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(a/2; dB_{galat}) * \sqrt{2 * KT_{galat}/n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(0.005; 5) * \sqrt{2 * 1.2322/2}$$

$$BNT(1\%) = 4.032 * \sqrt{2 * 1.2322/2}$$

$$BNT(1\%) = 4.4757$$

Ukuran (mesh)	Penurunan Angka asam (%) rata-rata					
		5.62	6.05	14.80	14.80	14.85
20-30	5.62	0.00	0.44	9.19*	9.19*	9.23*
30-40	6.05	-0.43	0.00	8.75*	8.75*	8.80*
40-60	14.80	-9.18	-8.75	0.00	0.00	0.05
60-80	14.80	-9.18	-8.75	0.00	0.00	0.05
80-100	14.85	-9.23	-8.80	-0.05	-0.05	0.00

Keterangan :

\* = memberikan nilai beda nyata



## Uji Beda Nyata Terkecil (Fraksi Kelima)

### Analisis sidik ragam satu arah

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	144.6890	36.1723	6.9424	5.1900
Galat	5	26.0518	5.2104		
Total	9	173.7189	43.1024		

Hasil uji F menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan membuat variasi ukuran partikel dapat mempengaruhi % penurunan angka asam. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

### Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(a/2; dB_{galat}) * \sqrt{2 * KT_{galat}/n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(0.005; 5) * \sqrt{2 * 5.2104/2}$$

$$BNT(1\%) = 4.032 * \sqrt{2 * 5.2104/2}$$

$$BNT(1\%) = 9.2035$$

Ukuran (mesh)	Penurunan Angka asam (%) rata-rata					
		4.63	5.28	12.81	12.54	12.77
20-30	4.63	0.00	0.64	8.18	7.90	8.14
30-40	5.28	-0.65	0.00	7.53	7.26	7.49
40-60	12.81	-8.18	-7.53	0.00	-0.27	-0.04
60-80	12.54	-7.91	-7.26	0.27	0.00	0.23
80-100	12.77	-8.14	-7.49	0.04	-0.23	0.00

Keterangan :

\* = memberikan nilai beda nyata

## L.6.2 Uji Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Aktif Terhadap Proses Adsorpsi Air (fraksi pertama)

**Tabel L.6.2** Hasil Uji Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Aktif terhadap Kadar Air

Uji Beda Nyata Terkecil (Fraksi Pertama)

### Analisis sidik ragam satu arah

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	1231.569	307.8922	3.6601	5.1900
Galat	5	420.6049	84.1210		
Total	9	1652.1739	392.0132		

Hasil uji F menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan membuat variasi ukuran partikel dapat mempengaruhi % penurunan angka asam. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

### Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(a/2; dB_{galat}) * \sqrt{2 * KT_{galat}/n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(0.005; 5) * \sqrt{2 * 84.1210/2}$$

$$BNT(1\%) = 4.032 * \sqrt{2 * 84.1210/2}$$

$$BNT(1\%) = 36.9805$$

Ukuran (mesh)	Penurunan Angka asam (%) rata-rata					
		94.57	95.65	80.43	85.87	65.22
20-30	94.57	0.00	1.09	-14.13	-8.70	-29.35
30-40	95.65	-1.08	0.00	-15.22	-9.78	-30.43
40-60	80.43	14.14	15.22	0.00	5.44	-15.21
60-80	85.87	8.70	9.78	-5.44	0.00	-20.65
80-100	65.22	29.35	30.43	15.21	20.65	0.00

Keterangan :

\* = memberikan nilai beda nyata

Dilakukan Perhitungan yang sam untuk fraksi ke-2, 3, 4, dan ke-5 dan uji beda nyata terkecilnya adalah sebagai berikut

Uji Beda Nyata Terkecil (Fraksi Kedua)

**Tabel L.6.2.2 Analisis sidik ragam satu arah**

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	959.3617	239.8404	1.0891	5.1900
Galat	5	1101.1268	220.2254		
Total	9	2060.4885	460.0658		

Hasil uji F menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan membuat variasi ukuran partikel dapat mempengaruhi % penurunan angka asam. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

**Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)**

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(a/2; dB_{galat}) * \sqrt{2 * KT_{galat} / n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(0.005; 5) * \sqrt{2 * 220.2254 / 2}$$

$$BNT(1\%) = 4.032 * \sqrt{2 * 220.2254 / 2}$$

$$BNT(1\%) = 59.8348$$

Ukuran (mesh)	Penurunan Angka asam (%) rata-rata					
		93.48	94.57	80.43	72.83	71.74
20-30	93.48	0.00	1.09	-13.04	-20.65	-21.74
30-40	94.57	-1.09	0.00	-14.14	-21.74	-22.83
40-60	80.43	13.05	14.14	0.00	-7.60	-8.69
60-80	72.83	20.65	21.74	7.60	0.00	-1.09
80-100	71.74	21.74	22.83	8.69	1.09	0.00

Keterangan :

\* = memberikan nilai beda nyata

Uji Beda Nyata Terkecil (Fraksi Ketiga)

**Tabel L.6.2.3 Analisis sidik ragam satu arah**

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	1297.7292	324.4323	1.3675	5.1900
Galat	5	1186.2011	237.2402		
Total	9	2483.9303	561.6725		

Hasil uji F menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan membuat variasi ukuran partikel dapat mempengaruhi % penurunan angka asam. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

**Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)**

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(a/2; dB_{galat}) * \sqrt{2 * KT_{galat} / n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(0.005; 5) * \sqrt{2 * 237.2402 / 2}$$

$$BNT(1\%) = 4.032 * \sqrt{2 * 237.2402 / 2}$$

$$BNT(1\%) = 62.1033$$

Ukuran (mesh)	Penurunan Angka asam (%) rata-rata					
		91.30	92.39	69.57	82.61	64.13
20-30	91.30	0.00	1.09	-21.74	-8.70	-27.17
30-40	92.39	-1.09	0.00	-22.82	-9.78	-28.26
40-60	69.57	21.73	22.82	0.00	13.04	-5.44
60-80	82.61	8.69	9.78	-13.04	0.00	-18.48
80-100	64.13	27.17	28.26	5.44	18.48	0.00

Keterangan :

\* = memberikan nilai beda nyata

Uji Beda Nyata Terkecil (Fraksi Keempat)

**Tabel L.6.2.4 Analisis sidik ragam satu arah**

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	1996.2196	499.0549	1.2000	5.1900
Galat	5	2079.3949	415.8790		
Total	9	4075.6145	914.9339		

Hasil uji F menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan membuat variasi ukuran partikel dapat mempengaruhi % penurunan angka asam. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

**Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)**

$$BNT(1\%) = t_{tabel(a/2; dB_{galat})} * \sqrt{2 * KT_{galat} / n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel(0.005; 5)} * \sqrt{2 * 415.8790 / 2}$$

$$BNT(1\%) = 4.032 * \sqrt{2 * 415.8790 / 2}$$

$$BNT(1\%) = 82.2250$$

Ukuran (mesh)	Penurunan Angka asam (%) rata-rata					
		72.83	94.57	52.17	72.83	61.96
20-30	72.83	0.00	21.74	-20.65	0.00	-10.87
30-40	94.57	-21.74	0.00	-42.40	-21.74	-32.61
40-60	52.17	20.66	42.40	0.00	20.66	9.79
60-80	72.83	0.00	21.74	-20.66	0.00	-10.87
80-100	61.96	10.87	32.61	-9.79	10.87	0.00

Keterangan :

\* = memberikan nilai beda nyata



Uji Beda Nyata Terkecil (Fraksi Kelima)

**Tabel L.6.2.5 Analisis sidik ragam satu arah**

SK	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	2766.5444	691.6361	6.9424	5.1900
Galat	5	1261.8133	252.3627		
Total	9	4028.3577	943.9987		

Hasil uji F menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel(5\%)}$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya ada perbedaan yang nyata antar perlakuan sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan membuat variasi ukuran partikel dapat mempengaruhi % penurunan angka asam. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) sebagai berikut :

**Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)**

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(a/2; dB_{galat}) * \sqrt{2 * KT_{galat} / n}$$

$$BNT(1\%) = t_{tabel}(0.005; 5) * \sqrt{2 * 252.3627 / 2}$$

$$BNT(1\%) = 4.032 * \sqrt{2 * 252.3627 / 2}$$

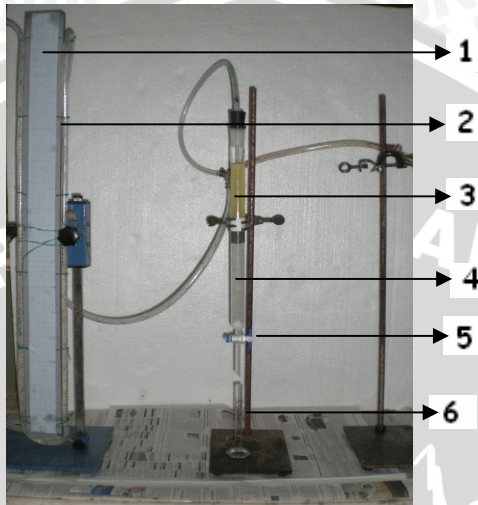
$$BNT(1\%) = 64.0521$$

Ukuran (mesh)	Penurunan Angka asam (%) rata-rata					
		89.13	89.13	53.26	88.04	56.52
20-30	89.13	0.00	0.00	-35.87	-1.09	-32.61
30-40	89.13	0.00	0.00	-35.87	-1.09	-32.61
40-60	53.26	35.87	35.87	0.00	34.78	3.26
60-80	88.04	1.09	1.09	-34.78	0.00	-31.52
80-100	56.52	32.61	32.61	-3.26	31.52	0.00

Keterangan :

\* = memberikan nilai beda nyata

## Lampiran 7. Gambar alat



**Gambar L.7.1** Kolom dan Skala. Dimana 1. Skala, 2. Selang Isi Minyak, 3. Minyak dalam Kolom, 4. Zeolit dalam Kolom, 5. Kran, dan 6. Statif



**Gambar.** a. Minyak jarak sesudah melewati kolom dimana 1,2,3,4 dan 5 adalah fraksi awal, kedua, ketiga, keempat dan kelima. b. Minyak jarak sebelum melewati kolom