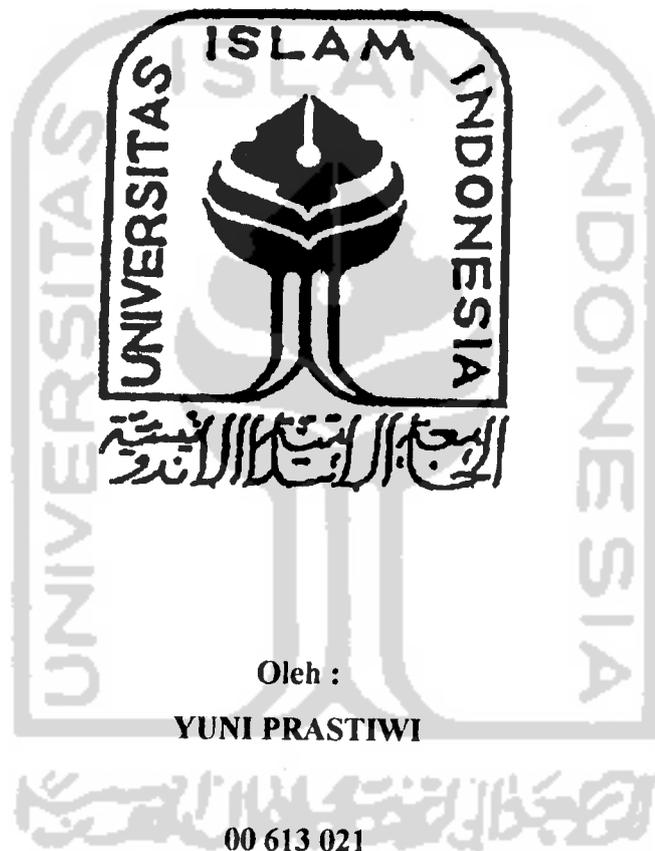


**PENGARUH PENAMBAHAN BENTONIT TERHADAP
BILANGAN ASAM, BILANGAN PEROKSIDA DAN BILANGAN
TBA PADA MINYAK GORENG BEKAS PAKAI**

SKRIPSI



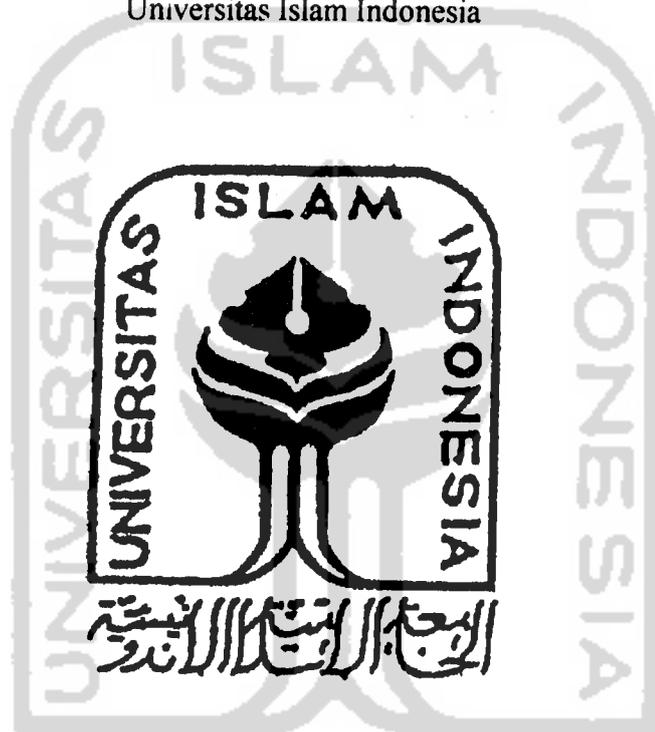
**JURUSAN FARMASI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
JUNI 2004**

**PENGARUH PENAMBAHAN BENTONIT TERHADAP
BILANGAN ASAM, BILANGAN PEROKSIDA DAN BILANGAN
TBA PADA MINYAK GORENG BEKAS PAKAI**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana farmasi (S.Farm)
Program Studi

Farmasi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Oleh :

YUNI PRASTIWI

00 613 021

**JURUSAN FARMASI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
JUNI 2004**

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN BENTONIT TERHADAP
BILANGAN ASAM, BILANGAN PEROKSIDA DAN BILANGAN
TBA PADA MINYAK GORENG BEKAS PAKAI**

Yang diajukan oleh :

YUNI PRASTIWI

00 613 021

Telah disetujui oleh:

Pembimbing Utama,



Riyanto, M.Si

Pembimbing Pendamping,



Saepudin, S.Si., Apt

SKRIPSI
PENGARUH PENAMBAHAN BENTONIT TERHADAP
BILANGAN ASAM, BILANGAN PEROKSIDA DAN BILANGAN
TBA PADA MINYAK GORENG BEKAS PAKAI

Oleh:

YUNI PRASTIWI
00613021

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal: 22 Juni 2004

Ketua Penguji



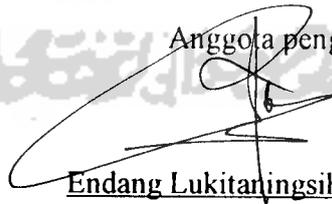
Riyanto, M.Si

Anggota penguji,



Saepudin, S.Si, Apt

Anggota penguji,



Endang Lukitaningsih, M.Si, Apt

Mengetahui

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Iaka Nugraha, M.Si

HALAMAN PERNYATAAN

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesajanaan disuatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan diterbitkan dalam daftar pustaka.

Jogjakarta, 21 Juni 2004
Penulis,

Yuni Prastiwi



Kupersembahkan karya sederhana ini untuk:

Bapak Ibu tersayang untuk semua cinta yang tak terbalaskan

Keluarga besar Jogja dan Klaten untuk doa dan supportnya selama ini

Cahaya hatiku (*And I hope you're the one I share my life with...*)

Sahabatku : Farrah, Shinta, Deti (*you're the best I ever had...*)

Lina, Arniz, Fitri, Beti, Lilis dan alumnus SMA 4 Bhe.

Teman-teman KKN untuk percakapan di suatu sorenya.

Teman-teman dan bintang-bintang kecilku di Al-Fatah (*my best teacher...*)

Dan semua yang pernah, sedang dan akan ada dalam hatiku.

Take time to think, it's the source of power

Take time to read, it's the foundation of wisdom

Take time to quit, it's the opportunity to seek God

Take time to dream, it's the future made of

Take time to pray, it's the greatest power on earth

(anonym)

Dan bukan hanya sebuah impian, melainkan kenyataan yang besar—intipan ke kehidupan yang lebih tinggi, kemungkinan kemanusiaan yang lebih luas, yang dianugerahkan kepada manusia, yang, di tengah-tengah kesibukan dan kebingaran kehidupan, berhenti selama empat tahun yang pendek untuk mempelajari makna hidup

(W. E. B. DuBois)

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum, Wr. Wb.,

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia dan ridlo-Nya yang besar sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "PENGARUH PENAMBAHAN BENTONIT TERHADAP BILANGAN ASAM, BILANGAN PEROKSIDA, DAN BILANGAN TBA PADA MINYAK GORENG BEKAS PAKAI".

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian syarat mencapai derajat sarjana sains pada Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

Dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak sekali bantuan dan masukan dari banyak pihak hingga terselesaikannya penyusunan skripsi ini. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Riyanto, M.Si., selaku dosen pembimbing pertama atas semua bimbingan, saran, kritik dan dorongan yang telah diberikan kepada penulis selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Saepudin, S.Si., Apt., dosen pembimbing kedua atas semua pengarahan dan bimbingannya..

3. Bapak Jaka Nugraha, M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
4. Ibu Endang Lukitaningsih, MSi, Apt selaku dosen penguji, terima kasih atas segala saran dan koreksinya.
5. Ibu Suparmi dan Pak Eko yang telah memberikan ide, arahan, dan bantuan.
6. Bapak ibu tersayang dan seluruh keluarga atas doa dan supportnya selama ini.
7. Sahabatku Deti, Shinta, Farrah atas persahabatan yang indah.
8. Lina, Arniz, Beti, Lilis, Fitri, teman-teman alumnus SMA 4 Bhe (Dedi, Ika, Dias, Ani) dan teman-teman di Al-Fatah .
9. Teman-teman KKN (Winni, Mas Wisnu, Pur, Iman, Amin, Irma, Adek, Husni, Ibnu, Inten untuk kenangan-kenangan manis yang tak terlupakan.
10. Dan semua pihak yang telah membantu selesainya skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak untuk perbaikan. Akhirnya, dengan segala kekurangan, semoga skripsi ini masih dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan pada umumnya dan bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wassalamu'alaikum, Wr.Wb

Jogjakarta, 22 Juni 2004

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
INTISARI.....	vii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	3
BAB II. STUDI PUSTAKA.....	4
A. Tinjauan Pustaka	
1. Mineral Lempung.....	4
a. Interaksi lempung dengan air.....	5
b. Bentonit.....	6
c. Montmorilonit.....	8
2. Minyak.....	10
a. Sifat kimia fisika minyak.....	12
b. Kerusakan lemak dan minyak.....	14
c. Standar mutu minyak kelapa.....	20
d. Perubahan kimia dalam lemak akibat pemanasan.....	22
e. Minyak Kelapa Sawit.....	24
B. Landasan Teori.....	26
C. Hipotesis.....	27

BAB III METODE PENELITIAN	28
A. Batasan Operasional Variabel	28
B. Alat dan Bahan	28
C. Cara Penelitian	29
1. Preparasi bentonit	29
2. Preparasi minyak goreng	29
3. Cara kerja.....	29
4. Analisis kualitatif minyak.....	30
a Penetapan bilangan asam.....	30
b Penetapan bilangan peroksida.....	30
c Penetapan bilangan TBA.....	31
D. Analisis Hasil	31
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
A. Identifikasi bentonit	32
B. Penetapan bilangan asam	33
C. Penetapan bilangan peroksida.....	37
D. Penetapan bilangan TBA.....	41
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
A. Kesimpulan	45
B. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema truktur kristal montmorilonit	9
Gambar 2. Skema susunan lapisan montmorilonit.....	9
Gambar 3. Reaksi esterifikasi.....	11
Gambar 4. Mekanisme reaksi autooksidasi.....	18
Gambar 5. Grafik hubungan antara ukuran mesh bentonit dengan bilangan Asam.....	36
Gambar 6. Grafik hubungan antara ukuran mesh bentonit dengan bilangan Peroksida.....	40
Gambar 7. Grafik hubungan antara ukuran mesh bentonit dengan bilangan TBA.....	44

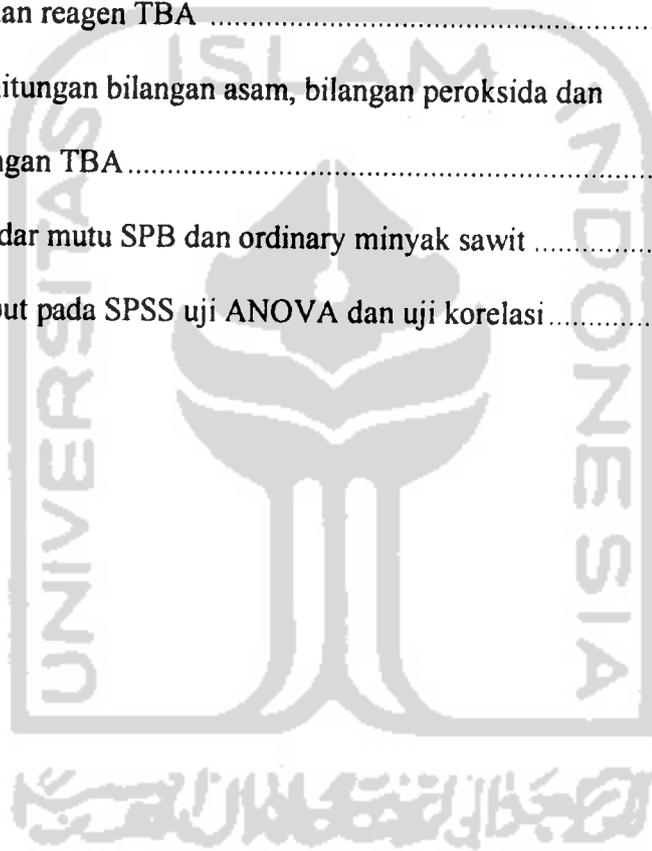
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel I.	Komposisi unsur-unsur penyusun mineral silikat 4
Tabel II.	Perbedaan sifat fisik Na bentonit dan Ca Bentonit 8
Tabel III.	Syarat mutu minyak kelapa menurut standar mutu barang-barang perdagangan 21
Tabel IV.	Syarat mutu minyak kelapa menurut Standar industri Indonesia 21
Tabel V.	Komposisi asam lemak minyak kelapa sawit dan minyak inti kelapa sawit 25
Tabel VI.	Nilai sifat kimia fisika minyak sawit dan minyak inti sawit 26
Tabel VII.	Hasil identifikasi Ca, Mg, Fe dan Na pada lempung alam bentonit 32
Tabel VIII.	Bilangan Asam dari berbagai perlakuan dengan 3 kali replikasi 34
Tabel IX.	Bilangan peroksida dari masing-masing perlakuan 39
Tabel X.	Bilangan TBA dari masing-masing perlakuan 43



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Pembuatan dan pembakuan larutan natrium hidroksida 0,1 N dan natrium tiosulfat 0,1 N	48
Lampiran 2. Pembuatan fenolftalein LP, kanji 1 %, larutan jenuh KI dan reagen TBA	51
Lampiran 3. Perhitungan bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA.....	52
Lampiran 4. Standar mutu SPB dan ordinary minyak sawit	53
Lampiran 5. Output pada SPSS uji ANOVA dan uji korelasi.....	56



PENGARUH PENAMBAHAN BENTONIT TERHADAP BILANGAN ASAM, BILANGAN PEROKSIDA DAN BILANGAN TBA PADA MINYAK GORENG BEKAS PAKAI

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan bentonit terhadap bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA pada minyak goreng bekas pakai. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan bentonit terhadap bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA pada minyak bekas pakai serta pengaruh ukuran partikel (mesh) bentonit terhadap bilangan-bilangan tersebut. Penelitian diawali dengan pencucian bentonit dengan aquades kemudian dikeringkan dalam oven. Sebanyak 2 gram bentonit ditambahkan ke dalam 80 mL minyak sisa pakai dalam satu tempat, diaduk dengan stirer selama 30 menit, campuran disaring, filtrat yang diperoleh ditentukan bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA. Dari hasil penelitian menunjukkan minyak goreng sebelum dan bekas pakai memberikan bilangan asam $0,0088 \pm 0,0008$ dan $0,0451 \pm 0,0028$, bilangan peroksida $7,855 \pm 0,0500$; $27,008 \pm 0,006$, bilangan TBA $9,453 \pm 1,423$ dan $137,054 \pm 14,069$. Minyak goreng bekas pakai yang ditambah bentonit dengan ukuran partikel 40 mesh, 60 mesh dan 100 mesh berturut-turut memberikan bilangan asam $0,0135 \pm 0,0021$; $0,0129 \pm 0,0013$; $0,0102 \pm 0,0010$, kemudian bilangan peroksida $24,970 \pm 1,899$; $24,332 \pm 1,075$; $23,757 \pm 1,035$ serta bilangan TBA $75,744 \pm 8,299$; $65,328 \pm 5,381$; $55,086 \pm 3,775$. Dari data hasil uji statistik terlihat bahwa penambahan bentonit dengan ukuran mesh 100 merupakan ukuran partikel yang paling efektif dalam menurunkan bilangan asam, bilangan peroksida maupun bilangan TBA yang terlihat dengan adanya perbedaan yang signifikan dari masing-masing perlakuan.

Kata kunci: Bentonit, ukuran mesh, minyak goreng, bilangan asam, bilangan peroksida, bilangan TBA.

INFLUENCE OF ADDING BENTONITE ON ACID NUMBER, PEROXIDE NUMBER AND TBA NUMBER OF USED COOKING OIL

ABSTRACT

It has been conducted a study on influence on adding bentonite on acid number, peroxide number and TBA number of used cooking oil. It aimed to identify effect on adding bentonite on acid number, peroxide number and TBA number of used cooking oil and impact of bentonite particle size (mesh) on then numbers. The study was begun with bentonite washing using aqua then it was dried with oven. A number of 2 grams bentonite was added into 80ml used cooking oil, stirred for 30 minutes; the mixture then was filtered; filtrate resulted was defined acid number, peroxide number and TBA number. The result indicated that new and used cooking oils gave acid numbers of $0.0088 \pm 0,0008$ and $0.0451 \pm 0,0028$, respectively; peroxide number of $7.855 \pm 0,0500$ and $27.008 \pm 0,006$, respectively; and TBA number of 9.453 ± 1.432 and 137.054 ± 14.069 , respectively. Used cooking oil added with bentonite with particle sizes of 40 mesh, 60 mesh, and 100 mesh give acid number of $0.0135 \pm 0,0021$, 0.0129 ± 0.0013 , and 0.0102 ± 0.0010 , respectively; peroxide number of 24.970 ± 1.899 , 24.332 ± 1.075 , and 23.757 ± 1.035 , respectively; and TBA number of 75.744 ± 8.299 , $65.328 \pm 5,381$, and 55.086 ± 3.775 , respectively. Result of statistical test indicted that bentonite adding of 100 mesh particle size was most effective particle size in reducing acid number, peroxide number and TBA number that is proved with significant difference of each treatments.

Key words: bentonite, mesh size, cooking oil, acid number, peroxide number, TBA number

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Salah satu kebutuhan pokok masyarakat Indonesia adalah minyak goreng. Naiknya harga kebutuhan pokok, termasuk minyak goreng, mendorong pemakaian minyak goreng seefektif mungkin dengan cara penggunaan kembali minyak sisa pakai. Minyak goreng yang telah dipakai (sisa pakai) dapat mengalami kerusakan akibat penyimpanan yang lama dan akibat pemanasan. Umumnya terjadi perubahan sifat kimia yang meliputi bilangan iod, bilangan penyabunan, bilangan asam dan bilangan peroksida serta perubahan sifat fisika yang meliputi bau, rasa dan warna.

Pemakaian kembali minyak bekas pakai untuk menggoreng dapat beresiko terhadap kesehatan tubuh yang disebabkan terbentuknya zat-zat yang tidak diinginkan diantaranya peroksida asam, lemak bebas, keton dan senyawa aromatis. Agar penggunaan kembali minyak sisa pakai untuk menggoreng dapat memberikan warna, bau dan cita rasa yang lebih baik serta menurunkan resiko akibat terbentuknya zat-zat yang tidak diinginkan yang berbahaya terhadap tubuh maka perlu adanya perlakuan terhadap minyak sisa pakai sebelum digunakan kembali.

Hamdan (1987) menyebutkan bahwa proses pengolahan minyak khususnya minyak kelapa dengan perlakuan pemanasan secara berulang pada suhu tinggi akan menghasilkan minyak dengan warna kuning kecoklatan. Hal ini

disebabkan oleh dekomposisi protein dan karbohidrat serta degradasi zat warna karoten dan khlorofil dalam minyak kelapa.

Bahan yang sering digunakan sebagai adsorben dalam proses pemucatan minyak bekas pakai diantaranya adalah arang aktif, bentonit dan zeolit. Bentonit merupakan salah satu jenis lempung yang kandungan mineral utamanya adalah montmorilonit dan keberadaannya tersebar di beberapa daerah yaitu di pulau Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Ditinjau dari strukturnya montmorilonit memiliki situs aktif yang menyebabkan bentonit dapat berperan sebagai adsorben senyawa-senyawa polar.

Berdasarkan kandungan bentonit tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan bentonit alam sebagai adsorben untuk mengetahui kemampuan bentonit alam dalam memperbaiki kualitas minyak goreng sisa pakai, melalui penetapan beberapa parameter kualitas minyak goreng, yaitu bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA.

B. Rumusan Masalah

1. Apakah perlakuan dengan bentonit mampu memperbaiki bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA pada minyak goreng bekas pakai ?
2. Apakah variasi ukuran partikel bentonit alam (ukuran mesh) berpengaruh terhadap bilangan asam, bilangan peroksida, dan bilangan iod dari minyak goreng bekas pakai?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh perlakuan bentonit alam terhadap bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA pada minyak bekas pakai.
2. Mempelajari pengaruh ukuran partikel bentonit terhadap bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA.



BAB II

STUDI PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Mineral Lempung

Mineral lempung merupakan salah satu komponen penyusun tanah yang didefinisikan sebagai zat padat kristalin dari senyawa alumina silikat dengan ukuran partikel kurang dari 2μ (Pinnavaia, 1982).

Struktur dasar mineral lempung merupakan filosilikat atau lapisan silikat yang tersusun dari lembaran tetrahedral silisium-oksigen dan lembaran octahedral aluminium-oksigen hidroksil. Pada tetrahedral Si-O, atom Si berikatan dengan 4 buah atom oksigen dan keempat atom oksigen tersebut terletak pada sudut yang teratur dengan atom Si sebagai pusatnya (Murtado, 1994).

Unsur-unsur utama pembentuk mineral silikat adalah silisium, oksigen, aluminium, besi, kalsium, natrium, dan magnesium. Sedangkan unsur-unsur lain hanya unsur kelumit pendukungnya (Mason dan More, 1983 *cit* Khair, 2001).

Tabel 1. Komposisi unsur-unsur penyusun mineral silikat (Mason dan More, 1982 *cit* Khair, 2001).

Nama Unsur	% Berat
Oksigen	46,71
Silisium	27,69
Aluminium	8,07
Besi	5,05
Kalsium	3,65
Natrium	0,75
Magnesium	0,08
Titanium	0,62
Lain-lain	1,80



a. Interaksi antara lempung dengan air

Terdapat fakta yang menunjukkan bahwa air dapat ditarik oleh mineral lempung. Lempung kering dapat menyerap air dari atmosfer dengan kelembaban yang rendah, meskipun hal seperti ini tidak terjadi pada semua lempung. Suatu jenis lempung atau tanah tertentu bahkan akan mengembang jika berada dalam air yang berlebihan. Beberapa kemungkinan mekanisme interaksi oleh lempung dengan air adalah sebagai berikut:

1) Melalui ikatan hidrogen

Karena permukaan mineral tanah atau lempung biasanya terdiri dari lapisan oksigen atau hidroksil maka ikatan hidrogen mudah terjadi, yaitu melalui tarikan antara oksigen dengan kutub negatif dan hidroksil dengan kutub positif dari ion-ion air.

2) Hidrasi kation-kation yang dapat bertukar

Jika kation tertarik oleh muatan negatif pada permukaan lempung, maka air hidratnya juga ikut tertarik. Mekanisme ini penting jika kandungan airnya cukup rendah.

3) Tarikan oleh osmose

Semakin dekat dengan permukaan negatif pada permukaan lempung, konsentrasi kation semakin tinggi. Karena adanya kenaikan konsentrasi kation ini dari terbatasnya difusi ion di sekitar permukaan, maka sebagai hasil dari tarik-menarik elektrostatis, air cenderung berdifusi ke arah permukaan untuk menyeimbangkan konsentrasi (Martin, 1986).

b. Bentonit

Bentonit merupakan istilah yang digunakan di dalam dunia perdagangan untuk sejenis lempung yang mengandung mineral montmorilonit dan dikenal di Indonesia sejak dimulainya aktifitas pengeboran minyak bumi kira-kira pada tahun 1896 oleh Knight yaitu suatu jenis lempung yang sangat plastis (koloid) yang terdapat dalam formasi *Benton, Rock, Creek, Wyoming* Amerika Serikat. Nama ini diusulkan sebagai pengganti nama sebelumnya yaitu *taylorit* yang diperkenalkan pada tahun 1888 atau *soap clay* yang diperkenalkan pada tahun 1873, dan masih banyak lagi nama lain yang dikenal untuk bentonit ini seperti *bleaching clay, fuller earth, konfolensit, Saponit* atau *Smegmatit* dan *Stolpenit* (Riyanto, 1994).

Bentonit merupakan nama perdagangan untuk sejenis lempung yang mengandung mineral montmorilonit lebih dari 85%. Fragmen sisa umumnya merupakan campuran dari mineral kuarsa atau kristobalit, Feldspar, kalsit, gypsum, kaolinit, plagloklasilit dan sebagainya (Riyanto, 1994).

Secara umum bentonit dibagi menjadi 2 golongan:

1) Natrium Bentonit (*swelling bentonit*)

Bentonit jenis ini mengandung relatif banyak ion Na^+ dibandingkan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dan mempunyai sifat mengembang bila terkena air sehingga dalam suspensinya akan menambah kekentalan dari bentonit dan pH suspensinya 8,5-9,8. Kandungan Na_2O umumnya lebih besar dari 2% Karena sifat-sifat tersebut maka bentonit jenis natrium banyak digunakan sebagai lumpur pemboran,

penyumbat kebocoran bendungan, bahan pencampur pembuatan cat, perekat pasir cetak dalam industri pengecoran, dan sebagainya.

2) Kalsium Bentonit (*non swelling bentonit*)

Bentonit jenis ini mengandung kalsium dan magnesium yang relatif lebih banyak dibandingkan dengan kandungan natriumnya. Mempunyai sifat sedikit menyerap air dan bila didispersikan dalam air akan cepat mengendap (tidak membentuk suspensi), serta memiliki pH sekitar 4-7. Karena sifat-sifat tersebut maka Kalsium bentonit digunakan untuk bahan pengecat warna dan juga sebagai bahan perekat pasir cetak (Riyanto, 1994).

Beberapa sifat penting yang berhubungan dengan pemanfaatan bentonit adalah sebagai berikut:

- 1) Komposisi dan jenis mineral yang dikandungnya
- 2) Komposisi kimia
- 3) Sifat teknologi

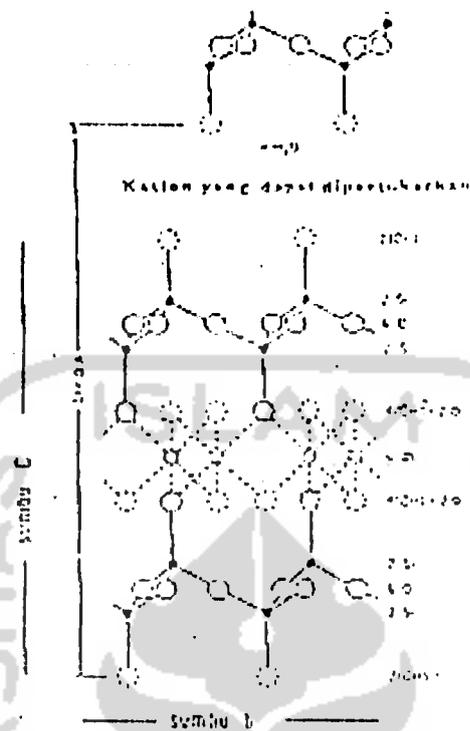
Perbedaan dan perbandingan sifat-sifat lainnya dari Na bentonit dan Ca bentonit dapat dilihat pada tabel II.

Tabel II. Perbedaan sifat fisik Na bentonit dan Ca Bentonit(Anonim,1976)

Sifat fisik	Ca bentonit	Na bentonit
Kekuatan dalam keadaan basah	Tinggi	Sedang
Perkembangan daya ikat	Cepat	Sedang
Kekuatan tekan	Sedang	Tinggi
Panas	Rendah	Tinggi
Kering	Rendah	Tinggi
Daya tahan terhadap penyusutan	Rendah	Tinggi
Daya mengembang	Tidak baik	Tinggi (sangat baik)
Kemantapan terhadap panas pada temperatur cetak	Tidak baik	Sangat baik
Daya mengalirkan pasir	Sangat baik	Sedang
Sifat bentang	Mudah	Sukar

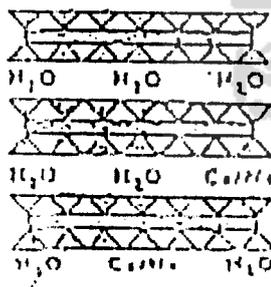
c. Montmorilonit

Montmorilonit termasuk dalam kelompok smektit, memiliki nama perdagangan bentonit serta mempunyai kerangka struktur lapisan mineral dengan rumus molekul sel satuan $\text{Si}_8(\text{AlMg})\text{O}_{20}(\text{OH})$ dan memiliki skema struktur mineral seperti yang ditunjukkan gambar 1.



Gambar 1. Skema struktur kristal montmorilonit

Montmorilonit memiliki struktur tiga lapis dengan lapisan octahedral alumina sebagai pusat tertumpuk di antara dua lapisan tetrahedral silika (gambar 2).



Antara lapisan H_2O , Cu, Na
Basal spasing 14 \AA , tetapi dapat berubah
dari $9,6$ sampai $2,4 \text{ \AA}$.

Gambar 2. Skema susunan lapisan montmorilonit.

Jarak antara lapisan dasar (lapisan basal) dan lapisan tengah adalah sebesar 14 \AA . Montmorilonit memiliki kemampuan menyerap molekul dan proses penyerapan ini dapat merubah jarak antar lapisan basal dengan variasi dari $9,6 \text{ \AA}$

(tanpa menyerap air) sampai $21,4\text{\AA}$. Akibat dari sifat tersebut kelompok smektit sering disebut sebagai lempung mengembang (*swelling clay*).

Komposisi montmorilonit itu sendiri berbeda antara bentonit satu dengan yang lain dan kandungan elemennya bervariasi tergantung proses terbentuknya di alam.

Sifat –sifat bentonit antara lain:

- 1) Berwarna dasar putih dengan sedikit kecoklatan atau kemerahan atau kehijauan, tergantung dari jenis dan jumlah fragmen mineral-mineralnya.
- 2) Bersifat sangat lunak (kekerasan = 1), ringan, mudah pecah, terasa seperti sabun, mudah menyerap air dan melakukan pertukaran ion (Riyanto, 1994).

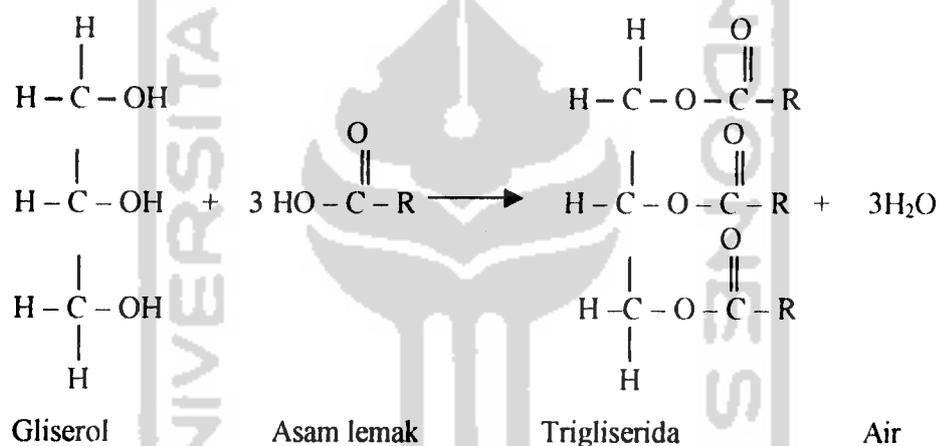
2. Minyak

Minyak dan lemak termasuk salah satu anggota dari golongan lipid, yaitu merupakan lipid netral. Lipid itu sendiri dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelas yaitu: 1) lipid netral, 2) fosfatida, 3) spingolipid, 4) glikolipid. Semua jenis lipid ini banyak terdapat di alam (Ketaren, 1986).

Minyak dan lemak yang telah dipisahkan dari jaringan asalnya mengandung sejumlah kecil komponen trigliserida, yaitu: 1) lipid kompleks (lesithin, cephalin, fosfatida, dan glikolipid), 2) sterol, berada dalam keadaan bebas atau terikat dengan asam lemak, 3) asam lemak bebas, 4) lilin, 5) pigmen yang larut dalam lemak, dan 6) hidrokarbon. Komponen-komponen tersebut mempengaruhi warna dan flavor produk, serta berperan dalam proses ketengikan (Ketaren, 1986).

Lemak dan minyak terdiri dari campuran, yang merupakan ester dari gliserol dan asam lemak rantai panjang. Minyak nabati terdapat dalam buah-buahan, kacang-kacangan, biji-bijian, akar tanaman dan sayur-sayuran (Ketaren, 1986).

Lemak dan minyak merupakan trigliserida yang terbentuk dari tiga asam lemak beresterifikasi dengan satu molekul gliserol, reaksi yang terjadi dapat dilihat pada gambar 3:



Gambar 3. Reaksi esterifikasi (Sudarmadji, 2003)

Trigliserida dapat berwujud padat atau cair, dan hal ini tergantung dari komposisi asam lemak yang menyusunnya. Sebagian besar minyak nabati berbentuk cair karena mengandung sejumlah asam lemak tidak jenuh, yaitu asam oleat, linoleat, atau asam linolenat dengan titik cair yang rendah (Ketaren, 1986).

Gliserida dalam minyak bukan merupakan gliserida sederhana (3 gugus hidroksil dalam gliserol berikatan dengan 3 asam dari jenis yang sama), tetapi

merupakan gliserida campuran yaitu molekul gliserol berikatan dengan radikal asam lemak yang berbeda (Ketaren, 1986).

Di dalam minyak terdapat asam-asam lemak penting sebagai penyusunnya yaitu asam lemak jenuh (asam asetat, n-butirat, isovalerat, n-kaproat, n-kaprilat, kaprat, laurat, miristat, palmitat, stearat, arachidat) dan asam lemak tidak jenuh (palmitoleat, oleat, linoleat, linolenat, arachidonat) (Ketaren, 1986).

Warna coklat pada minyak yang mengandung protein dan karbohidrat bukan disebabkan oleh zat warna alamiah, tetapi oleh reaksi *browning*. Warna ini merupakan hasil reaksi dari senyawa karbonil (berasal dari pemecahan peroksida) dengan asam amino dari protein, dan terjadi terutama pada suhu tinggi (Ketaren, 1986).

Warna pada minyak disebabkan oleh zat warna dan kotoran-kotoran lainnya. Zat warna alamiah yang terdapat dalam minyak kelapa adalah karotene yang merupakan hidrokarbon tidak jenuh dan tidak stabil pada suhu tinggi. Pada pengolahan minyak menggunakan uap panas, maka warna kuning yang disebabkan oleh karotene akan mengalami degradasi (Ketaren, 1986).

a. Sifat fisika kimia minyak

Sifat minyak kelapa dapat dibagi menjadi :

1) Sifat fisika

Sifat fisika dari minyak dan lemak meliputi warna, bau amis (*fishy flavor*), odor dan flavor, kelarutan, titik cair dan polimorphism, titik didih, titik lunak, slipping point, shot melting point, berat jenis, indeks bias, titik asap, titik nyala, titik api dan titik kekeruhan.

Zat warna dalam minyak terdiri dari 2 golongan, yaitu zat warna alamiah dan zat warna yang berasal dari hasil degradasi zat warna alamiah. Zat warna alamiah terdapat di dalam minyak yang ikut terekstrak bersama minyak pada proses ekstraksi. Zat warna tersebut antara lain α dan β -karoten, xantofil, klorofil dan anthosianin. Zat warna ini menyebabkan minyak berwarna kuning, kuning kecoklatan, kehijau-hijauan dan kemerah-merahan (Ketaren, 1986).

Pigmen berwarna merah jingga atau kuning pada minyak disebabkan oleh karotenoid yang bersifat larut dalam minyak. Karotenoid merupakan persenyawaan hidrokarbon tidak jenuh, dan jika minyak dihidrogenasi, maka karoten tersebut juga ikut terhidrogenasi, sehingga intensitas warna kuning berkurang. Karotenoid bersifat tidak stabil pada suhu tinggi, dan jika minyak dialiri uap panas, maka warna kuning akan hilang. Karotenoid tersebut tidak dapat dihilangkan dengan proses oksidasi (Ketaren, 1986).

Warna gelap pada minyak disebabkan oleh proses oksidasi terhadap tokoferol (vitamin E). Warna gelap ini terjadi selama proses pengolahan dan penyimpanan yang disebabkan oleh : suhu pemanasan, adanya logam Fe, Cu, Mn, dan K karena proses oksidasi tokoferol dalam minyak (Ketaren, 1986).

Pigmen coklat biasanya hanya terdapat pada minyak atau lemak yang berasal dari bahan yang telah busuk atau memar. Hal ini dapat terjadi karena reaksi molekul karbohidrat dengan gugus pereduksi seperti aldehid serta gugus amino dari molekul protein dan yang disebabkan oleh aktivitas enzim-enzim seperti fenol oksidase, polifenol oksidase dan sebagainya (Ketaren, 1986).

Sedangkan warna kuning terjadi pada minyak yang memiliki hubungan erat dengan proses absorpsi dan timbulnya warna kuning dalam minyak terutama terjadi dalam minyak atau lemak tidak jenuh. Warna ini timbul selama penyimpanan dan intensitas warna bervariasi dari kuning sampai ungu kemerah-merahan (Ketaren, 1986).

2) Sifat kimia

Umumnya asam lemak jenuh dari minyak (mempunyai rantai lurus monokarboksilat dengan jumlah atom karbon yang genap). Reaksi yang penting pada minyak dan lemak adalah reaksi hidrolisa, oksidasi dan hidrogenasi.

Pengujian minyak atau lemak secara kimiawi meliputi penentuan bilangan iod, bilangan penyabunan, bilangan asam, bilangan Reichert Meissl, bilangan Polenske, bilangan Krischner, bilangan Henher, bilangan asetil dan bilangan peroksida (Ketaren, 1986).

b. Kerusakan Lemak dan Minyak

Kerusakan minyak lemak dapat disebabkan oleh :

1). Kerusakan minyak dan lemak karena absorpsi bau

Salah satu kesulitan dalam penanganan dan penyimpanan bahan pangan adalah usaha untuk mencegah pencemaran oleh bau yang berasal dari bahan pembungkus, cat, bahan bakar atau pencemaran bau yang berasal dari bahan pangan lain yang disimpan dalam wadah yang sama, terutama terjadi pada bahan pangan yang berkadar lemak tinggi. Hal ini akan menyebabkan kerusakan lemak dan minyak karena minyak atau lemak dapat mengabsorpsi zat menguap yang dihasilkan dari bahan lain tersebut. Sebagai contoh ialah pencemaran bau dalam

lemak mentega, kuning telur dan lemak daging oleh buah-buahan yang disimpan dalam ruangan yang sama (Ketaren, 1986).

2). Kerusakan oleh enzim

Lemak dan minyak yang masih berada dalam jaringan, biasanya mengandung enzim yang dapat menghidrolisa lemak. Semua enzim yang termasuk golongan lipase, mampu menghidrolisa lemak netral sehingga menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol, akan tetapi enzim inaktif oleh panas. Dalam organisme hidup, enzim pada umumnya berada dalam bentuk zinogen inaktif, sehingga lemak yang terdapat dalam jaringan lemak akan tetap bersifat netral dan masih utuh (Ketaren, 1986).

3). Kerusakan oleh mikroba

Mikroba dalam proses metabolisme (jamur, ragi dan bakteri) membutuhkan air, senyawa nitrogen dan garam mineral. Kerusakan minyak dan lemak oleh mikroba biasanya terjadi pada lemak dan minyak yang masih berada dalam jaringan dan dalam bahan pangan berlemak. Minyak yang telah dimurnikan biasanya masih mengandung mikroba berjumlah maksimum 10 organisme setiap 1 gram lemak, dapat dikatakan steril. Mikroba yang menyerang bahan pangan berlemak biasanya termasuk tipe mikroba non patogen, tapi umumnya dapat merusak lemak dengan menghasilkan cita rasa tidak enak, disamping menimbulkan perubahan warna (Ketaren, 1986).

4). Kerusakan oleh oksidasi atmosfer

Bentuk kerusakan terutama ketengikan yang paling penting disebabkan oleh aksi oksigen udara terhadap lemak. Oksidasi spontan ini tidak hanya terjadi pada

bahan pangan berlemak, akan tetapi dapat terjadi terhadap persenyawaan lain yang memegang peranan penting dalam kegiatan biologis dan industri. Dalam bahan pangan berlemak konstituen yang mudah mengalami oksidasi spontan adalah asam lemak tidak jenuh dan sejumlah kecil persenyawaan yang merupakan konstituen yang cukup penting. Disamping timbulnya *off flavor* (aroma tidak sedap), telah diketahui bahwa hasil oksidasi lemak tidak jenuh dapat menyebabkan degradasi nilai alamiah dari konstituen aroma, flavor, warna dan vitamin. Degradasi konstituen non lemak sering terjadi serentak dengan proses oksidasi lemak, sehingga faktor-faktor yang menghambat atau mempercepat oksidasi lemak, mempengaruhi perubahan konstituen non lemak. Sebagai contoh kerusakan karoten dan tokoferol oleh proses oksidasi lemak, tergantung ada tidaknya antioksidan dan logam-logam sebagai pro-oksidan (Ketaren, 1986).

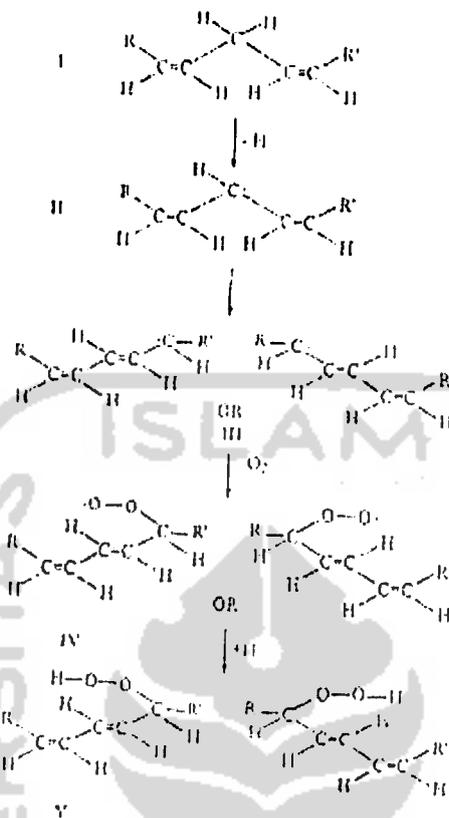
Proses oksidasi dapat berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak atau lemak. Reaksi oksidasi ini akan menimbulkan bau yang tengik pada minyak dan lemak. Oksidasi biasanya dimulai dengan pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Tingkat selanjutnya adalah terurainya asam-asam lemak disertai dengan konversi menjadi aldehid dan keton serta asam-asam lemak bebas. *Rancidity* terbentuk oleh aldehid bukan oleh peroksida (Ketaren, 1986).

Semua minyak yang digunakan sebagai bahan makanan mengandung trigliserida tidak jenuh sehingga mudah mengalami reaksi oksidasi. Mekanisme reaksi autooksidasi meliputi tiga tahap, yaitu: tahap inisiasi, tahap propagasi dan tahap terminasi (Leonard, 1987).



Pada tahap inisiasi terjadi pelepasan hidrogen (H) yang terikat pada atom C yang berikatan dengan atom C berikatan rangkap, membentuk radikal bebas (II). Radikal bebas yang terbentuk merupakan resonansi dari struktur (III). Apabila ditambahkan oksigen pada radikal yang beresonansi akan terbentuk dua tipe radikal hidroperoksida (IV). Radikal bebas ini dapat menarik atom hidrogen dan molekul lain untuk membentuk konjugasi isomerik cis, trans hidroperoksida (V) dan memulai tahap propagasi. Jumlah hidroperoksida yang digunakan untuk inisiasi sangat sedikit. Reaksi berantai ini akan berakhir apabila terjadi reaksi antara radikal-radikal II, III, IV. Mekanisme reaksi autooksidasi dapat dilihat pada gambar 4 (Leonard, 1987).

Senyawa hidroperoksida merupakan hasil utama dalam reaksi autooksidasi minyak kelapa. Hidroperoksida yang terbentuk tidak stabil dan cepat terdekomposisi membentuk asam-asam rantai pendek, aldehid dan keton. Adanya senyawa-senyawa inilah yang menimbulkan bau dan rasa yang kurang enak yang merupakan ciri-ciri dari minyak yang teroksidasi (Leonard, 1987).



Gambar 4. Mekanisme reaksi autooksidasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi outooksidasi minyak:

- 1) Jumlah ikatan tidak jenuh dalam minyak atau lemak

Molekul yang mempunyai jumlah ikatan rangkap lebih banyak (misal asam linoleat dengan 2 buah ikatan rangkap dua) lebih mudah teroksidasi daripada molekul dengan jumlah ikatan rangkap lebih sedikit (misal asam oleat dengan satu buah ikatan rangkap dua).

- 2) Oksigen

Reaksi autooksidasi terjadi apabila minyak kontak dengan udara yang di dalamnya terkandung oksigen. Pada tekanan oksigen yang sangat rendah, kecepatan oksidasi sebanding dengan tekanan. Maka dari itu bila minyak atau bahan makanan dibebaskan dari udara dengan cara pengepakan

hampa udara atau dengan cara pengepakan dalam gas inert seperti nitrogen, minyak atau bahan makanan tersebut terbebas dari outooksidasi.

3) Sinar radiasi

Semua bentuk sinar radiasi dari sinar ultraviolet sampai sinar infra merah mempercepat proses terjadinya oksidasi pada minyak. Sinar ultraviolet mempunyai energi lebih daripada sinar tampak sehingga pengaruhnya terhadap kerusakan minyak lebih besar.

4) Temperatur

Kenaikan temperatur mempercepat propagasi rantai maupun persemaian peroksida, sehingga mempercepat reaksi autooksidasi.

5) Embun

Uap/embun menghalangi terjadinya reaksi autooksidasi karena uap/embun menghalangi absorpsi oksigen.

6) Antioksidan

Antioksidan berfungsi sebagai donor hidrogen atau penarik radikal. Reaksi antioksidan (AH₂) ditunjukkan sebagai berikut :



dengan demikian antioksidan berfungsi untuk memutus reaksi berantai dari reaksi autooksidasi dengan cara bereaksi dengan radikal hidroperoksida (Leonard, 1987).

Kerusakan yang paling umum ditemukan disebabkan oleh oksidasi oksigen udara akibat penyimpanan yang lama dan minyak atau bahan yang mengandung lemak dibiarkan lama kontak dengan udara (Leonard, 1987)

Warna pada minyak disebabkan oleh zat warna dan kotoran-kotoran lainnya. Zat warna alamiah yang terdapat dalam minyak kelapa adalah karotene yang merupakan hidrokarbon tidak jenuh dan tidak stabil pada suhu tinggi. Pada pengolahan minyak menggunakan uap panas, maka warna kuning yang disebabkan oleh karotene akan mengalami degradasi (Ketaren, 1986).

Masalah yang sering ditemukan dalam minyak sisa pakai salah satunya adalah ketengikan. Ketengikan merupakan kerusakan atau perubahan bau dan rasa dalam minyak atau lemak. Kemungkinan ketengikan dapat terjadi karena:

- 1) Hidrolisis pada gliserida ikatan ester oleh lipid dan kelembaban (ketengikan hidrolitik).
- 2) Autooksidasi pada gliserida asam lemak tidak jenuh oleh oksigen atmosfer (ketengikan oksidatif).
- 3) Oksidasi enzimatik pada gliserida asam lemak tidak jenuh (ketengikan lipoksidase).
- 4) Oksidasi enzimatik pada gliserida asam lemak jenuh tertentu (ketengikan ketonik) (Triebold, 1963).

c. Standar mutu minyak kelapa

Kualitas minyak kelapa tergantung pada bahan dasar dan proses pengolahannya. Dengan mengetahui komposisi yang ada dalam minyak tersebut maka dapat ditentukan kualitas minyaknya. Di dalam standar perdagangan, tingkat

kerusakan minyak ditentukan oleh analisa kadar air, keasaman, angka peroksida. Sedangkan kemurniannya ditunjukkan dengan spesifikasi minyak kelapa yaitu; angka penyabunan dan angka iod. Faktor lain yang mempengaruhi selera konsumen adalah warna dan bau. Warna ini menjadi tua untuk minyak yang telah rusak atau tidak berwarna sama sekali untuk minyak yang telah dimurnikan (Triebold, 1963).

Syarat mutu minyak kelapa dapat dilihat pada tabel III dan IV.

Tabel III. Syarat mutu minyak kelapa menurut standar mutu barang-barang perdagangan (Departemen Perdagangan, 1976 *cit* Kusrini, 2001)

Karakteristik	Mutu 1	Mutu 2	Mutu 3
Kadar air (%) maks	0,1	0,3	0,5
Kadar asam lemak bebas (sebagai asam Laurat) maksimal.	0,1%	0,5%	0,6%
Angka iod (larutan Wijs)	6-10	6-10	6-10
Angka penyabunan	250-263	250-263	250-263
Zat-zat asing	negatif	negatif	Negatif

Tabel IV. Syarat mutu minyak kelapa menurut Standar industri Indonesia (Anonim, 1977)

Karakteristik	Mutu
Kadar air (maks)	0,5%
Kadar kotoran (maks)	0,05%
Angka iod	8-10%
Angka penyabunan	255-265
Angka peroksida	5,0
Kadar asam lemak bebas (dinyatakan) sebagai asam laurat)	0,5%
Warna/bau	Normal
Logam-logam berbahaya (Hg, Pb, Cu dan As)	Negatif

d. Perubahan Kimia dalam lemak akibat pemanasan

Panas dan cahaya adalah faktor lingkungan yang mempercepat autooksidasi. Hal ini terjadi karena ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh mampu menangkap sumber energi dari luar, seperti energi panas dan cahaya yang kemudian digunakan untuk eksitasi elektron ke tingkat energi yang lebih tinggi. Bila elektron yang tereksitasi ini kembali ke tingkat dasar, maka kelebihan energinya akan dilepas dalam bentuk panas, cahaya atau digunakan untuk reaksi dan dalam banyak hal peristiwa ini mengakibatkan pemutusan homolitik menjadi atom atau radikal bebas, tergantung energi yang diserap (Triebold, 1963).

Pemanasan dapat mengakibatkan 3 macam perubahan kimia dalam lemak yaitu:

- 1) Terbentuknya peroksida dalam asam lemak tidak jenuh
- 2) Peroksida berdekomposisi menjadi persenyawaan karbonil

3) Polimersasi oksidasi sebagian (Ketaren, 1986).

Minyak goreng mengandung sejumlah besar asam lemak tidak jenuh dalam molekul trigliserida. Reaksi-reaksi degradasi selama proses menggoreng didasarkan atas reaksi penguraian asam lemak. Produk yang terbentuk dapat diklasifikasikan menjadi 2 golongan utama yaitu :

- 1) Hasil dekomposisi yang tidak menguap (NVDP), yang tetap terdapat dalam minyak dan dapat diserap oleh bahan pangan yang digoreng. Tiga macam reaksi yang dapat membentuk NVDP yaitu autooksidasi, polimerisasi termal dan termal oksidasi.
- 2) Hasil dekomposisi yang dapat menguap (VDP) yang keluar bersama-sama uap pada waktu lemak dipanaskan. Zat ini terbentuk dari asam lemak tidak jenuh yang terdapat dalam molekul trigliserida (Ketaren, 1986).

Pada proses penggorengan yang menggunakan suhu tinggi dan dengan adanya oksigen, maka asam lemak tidak jenuh tersebut akan mengadakan reaksi kimia. Perubahan kimia pada lemak akibat pemanasan, tergantung dari dua faktor yaitu:

1) Lamanya pemanasan

Berdasarkan penelitian terhadap minyak jagung, bilangan iod berkurang dengan kecepatan 10-12 jam pertama, namun jumlah oksigen dalam lemak bertambah dan selanjutnya menurun setelah pemanasan selama 4 jam berikutnya. Kandungan persenyawaan karbonil bertambah dalam minyak selama proses pemanasan dan berkurang sesuai dengan berkurangnya jumlah oksigen

2) Suhu

Pengaruh suhu terhadap kerusakan minyak telah diselidiki dengan menggunakan contoh minyak jagung yang dipanaskan pada suhu 120°C , 160°C , dan 200°C . Minyak yang dipanaskan pada suhu 160°C dan 200°C menghasilkan bilangan peroksida lebih rendah dibandingkan dengan pemanasan pada suhu 120°C dan hal ini merupakan salah satu indikasi bahwa persenyawaan peroksida bersifat tidak stabil terhadap panas. Pemanasan pada suhu 120°C berpengaruh kecil terhadap bilangan iod namun bilangan iod menurun secara drastis pada suhu pemanasan 160°C - 200°C . Kenaikan nilai indeks bias setara dengan pertambahan jumlah senyawa polimer yang dihasilkan akibat pemanasan lemak (Ketaren, 1986).

e. Minyak Kelapa Sawit

Salah satu jenis minyak goreng yang banyak digunakan oleh masyarakat adalah minyak kelapa sawit. Minyak kelapa sawit dapat dihasilkan dari inti kelapa sawit yang dinamakan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) dan sebagai hasil samping adalah bungkil inti kelapa sawit (*palm kernel meal* atau *pellet*). Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guinensis* JACQ) adalah tanaman berkeping satu yang termasuk dalam famili Palmae (Ketaren, 1986).

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu minyak kelapa sawit adalah air, kotoran, asam lemak bebas, bilangan peroksida dan daya pemucatan. Faktor-faktor ini adalah titik cair, kandungan gliserida padat, refining loss, plasticity dan spreadability, sifat transparan, kandungan logam berat dan bilangan penyabunan.

Kelapa sawit mengandung kurang lebih 80 persen perikarp dan 20 persen buah yang dilapisi kulit yang tipis; kadar minyak dalam perikarp sekitar 34-40 persen. Minyak kelapa sawit adalah lemak semi padat yang mempunyai komposisi yang tetap. Komposisi asam lemak yang terdapat dalam minyak kelapa sawit dapat dilihat pada tabel V.

Tabel V. Komposisi asam lemak minyak kelapa sawit dan minyak inti kelapa sawit (Ketaren, 1986)

Asam lemak	Minyak kelapa sawit(%)	Minyak inti sawit (%)
Asam kaprilat	-	3 - 4
Asam kaproat	-	3 - 7
Asam laurat	-	46 - 52
Asam miristat	1,1 - 2,5	14 - 17
Asam palmitat	40 - 46	6,5 - 9
Asam stearat	3,6 - 4,7	1 - 2,5
Asam oleat	39 - 45	13 - 19
Asam linoleat	7 - 11	0,5 - 2

Kandungan karotene dapat mencapai 1000 ppm atau lebih dan dipengaruhi oleh penanganan selama produksi.

Tabel VI. Nilai sifat kimia fisika minyak sawit dan minyak inti sawit (Ketaren, 1986)

Sifat	Minyak sawit	Minyak inti sawit
Bobot jenis pada suhu kamar	0,900	0,900-0,913
Indeks bias D 40°C	1,4565-1,4585	1,495-1,415
Bilangan iod	48-56	14-20
Bilangan penyabunan	196-205	244-254

B. Landasan Teori

Minyak kelapa bekas pakai dapat mengalami perubahan sifat kimia fisika dan dapat menghasilkan produk-produk hasil degradasi, baik yang berupa NVDP (*Non Vavorable Degradation Product*) maupun VDP (*Vavorable Degradation Product*). Adanya perlakuan dengan bentonit akan berpengaruh terhadap sifat kimia fisika minyak bekas pakai yang meliputi warna, bau, rasa, bilangan iod, bilangan asam dan bilangan peroksida, sehingga dapat menurunkan resiko gangguan kesehatan karena penggunaan kembali minyak bekas pakai.

Bentonit merupakan jenis mineral lempung yang terdapat melimpah di Indonesia. Bentonit alam dapat bertindak sebagai adsorben senyawa-senyawa yang tidak diinginkan yang terdapat dalam minyak bekas pakai. Variasi ukuran bentonit, yang berarti bervariasi pula luas permukaan bentonit yang kontak dengan air dalam minyak sehingga akan berpengaruh terhadap sifat kimia minyak bekas pakai tersebut.

C. Hipotesis

1. Adanya perlakuan bentonit terhadap minyak bekas pakai akan memperbaiki kualitas minyak goreng tersebut yang dinilai dengan parameter bilangan asam, bilangan peroksida, dan bilangan TBA.
2. Semakin kecil ukuran partikel bentonit, permukaan efektifnya akan lebih luas sehingga kemampuan memperbaiki kualitas minyak bekas pakai akan lebih bagus.



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Batasan Operasional Variabel

1. Minyak Goreng

Minyak goreng yang digunakan sebagai sampel adalah minyak goreng kelapa sawit merk tertentu yang beredar dipasaran.

2. Prosedur

Uji kualitas minyak yang dilakukan adalah penetapan bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA dengan metode yang ada pada Farmakope Indonesia edisi IV.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: spektrofotometer UV-VIS, timbangan, perangkat alat destilasi, magnetik stirer, pompa vakum, penggorengan, perangkat alat titrasi dan alat-alat gelas yang lazim digunakan dalam laboratorium analisis.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: lempung alam bentonit (berasal dari Kecamatan Bentonit, Pacitan, Jawa Timur), minyak goreng bermerk yang beredar di pasaran (minyak goreng yang dipakai adalah minyak yang telah digunakan untuk menggoreng daging sapi), eter, etanol P, indikator fenolftalein LP, natrium hidroksida, kloroform, asam asetat, larutan jenuh KI, larutan natrium



tiosulfat 0,1 N LV, aquadest, larutan kanji 1%, asam klorida 4 N, batu didih, dan reagen TBA.

C. Cara Penelitian

1. Preparasi Bentonit

Lempung alam bentonit ditumbuk dengan lumpang porselin lalu dicuci dengan aquades, dikeringkan, dihaluskan kembali dengan mesin penggerus kemudian dibagi menjadi 3 bagian, masing-masing diayak dengan ayakan 150 mesh, 200 mesh dan 250 mesh. Kemudian dicuci dengan aquades dengan cara pengadukan, didekantir dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100-110⁰C.

2. Preparasi minyak goreng

Minyak goreng ditentukan dahulu bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA sebagai kontrol. Sebanyak 1 L minyak digunakan untuk menggoreng daging hingga matang dengan suhu penggorengan diatas 120⁰C sebanyak 3 kali, selama 10 menit. Kemudian minyak didinginkan, disaring dengan pompa vakum, ditentukan bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA.

3. Cara kerja

Sampel minyak sisa pakai masing-masing 80 ml ditambah bentonit sebanyak 2,5% dari volume minyak. Bentonit yang ditambahkan bervariasi ukurannya yaitu 40 mesh, 60 mesh dan 100 mesh. Campuran diaduk dengan magnetik stirer pada suhu kamar selama 30 menit. Campuran dipisahkan dengan

pompa vakum, filtrat diperoleh diukur kualitasnya (bilangan asam, bilangan peroksida, dan bilangan TBA).

4. Analisis Kualitas Minyak

Uji kualitas lemak dan minyak secara bersamaan dilakukan pada minyak goreng sebelum dipakai, bekas pakai, dan bekas pakai kemudian ditambahkan bentonit dengan berbagai variasi ukuran mesh.

a Penetapan bilangan asam

Ditimbang seksama 10,0 g minyak goreng, kemudian dilarutkan dalam labu yang berisi 50,0 mL campuran etanol P-eter (1:1) dan telah dinetralkan terhadap fenolftalein LP dengan natrium hidroksida 0,1 N. Bila contoh tidak larut dalam pelarut dingin, hubungkan labu dengan pendingin yang sesuai dan hangatkan perlahan-lahan sambil sering dikocok sampai contoh larut. Tambahkan 1 mL fenolftalein LP, titrasi dengan natrium hidroksida 0,1 N LV sampai larutan berwarna merah muda lemah konstan setelah dikocok selama 30 detik. Kemudian dihitung asam lemak bebas dengan angka asam.

b Penetapan bilangan peroksida

Ditimbang seksama 5,0 g minyak goreng, kemudian sampel dimasukkan kedalam erlenmeyer bertutup 250,0 mL, tambahkan 30,0 mL larutan campuran asam asetat : kloroform (3:2). Setelah itu digoyang-goyangkan sampai bahan larut kemudian tambahkan 0,50 mL larutan jenuh KI. Diamkan selama 1 menit dengan sesekali digoyang. Tambahkan 30,0 mL aquadest, titrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N sampai warna kuning hampir hilang, tambahkan 0,50 mL

larutan kanji 1%, lanjutkan titrasi sampai warna biru hilang. Kemudian dihitung angka peroksidanya.

c Penetapan bilangan TBA

Ditimbang minyak goreng sebanyak 3,0 g kemudian ditambahkan aquadest 50,0 ml. Lalu dipindahkan secara kuantitatif kedalam labu destilasi 1000,0 ml sambil dicuci dengan 48,50 ml aquadest. Asam klorida 4 N sebanyak 2-5 ml ditambahkan sampai dihasilkan pH 1,5. Labu destilasi dipasang pada alat destilasi kemudian ditambahkan beberapa butir batu didih. Destilasi dijalankan dengan pemanasan setinggi mungkin sehingga diperoleh destilat sebanyak 50,0 ml selama pemanasan 10 menit. Destilat yang diperoleh diaduk, kemudian disaring. 5,0 ml destilat dipindahkan kedalam erlenmeyer 50,0 ml bertutup dan ditambahkan 5,0 ml reagen TBA. Setelah dicampur sampai homogen, erlenmeyer bertutup dimasukkan kedalam air mendidih selama 35 menit. Kemudian dibuat larutan blanko dengan prosedur yang sama tanpa penambahan sampel. Setelah didinginkan, absorbansi dibaca pada panjang gelombang 528 nm. Kemudian dihitung angka TBAny.

D. Analisis Hasil

Data yang diperoleh digunakan untuk menentukan ada tidaknya perubahan kualitas minyak goreng. Kualitas minyak goreng dikatakan mengalami kenaikan jika terdapat penurunan bilangan asam, bilangan peroksida, dan bilangan TBA. Selanjutnya data dianalisis secara statistika menggunakan uji one-way ANOVA.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi bentonit

Lempung bentonit yang digunakan untuk penelitian adalah lempung alam bentonit yang berasal dari Kecamatan Bentonit Kabupaten Pacitan Jawa Timur. Pada penelitian sebelumnya, bentonit digunakan untuk penelitian ini telah diidentifikasi kandungan Ca, Mg, Fe dan Na agar tidak terjadi kesalahan terhadap jenis lempung yang akan digunakan. Identifikasi ini menggunakan spektrofotometri serapan atom untuk menunjukkan jenis dari lempung alam bentonit tersebut.

Tabel VII. Hasil identifikasi Ca, Mg, Fe dan Na pada lempung alam bentonit (Faturrahmi, 2003)

No	Jenis Atom	Panjang Gelombang (nm)	Hasil pengukuran (ppm)			
			I	II	III	Rata-rata
1	Ca	422,7	112.026	111.111	111.111	111.416
2	Mg	248,3	3697.479	3557.423	3767.507	36740136
3	Fe	285,2	1612.169	1879.574	1902.495	1804.079
4	Na	589,0	965.100	959.402	970.798	965.100

Berdasarkan hasil identifikasi di atas dapat dilihat bahwa kandungan Na lebih besar dibanding Ca. Kemudian dilakukan aktivasi dengan NaCl 2 M sehingga dihasilkan Na bentonit.

B. Penetapan bilangan asam

Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah miligram NaOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam lemak bebas dari satu gram minyak atau lemak. Adanya pemanasan pada suhu tinggi pada minyak akan menyebabkan minyak teroksidasi menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Asam lemak bebas yang dihasilkan akan berpengaruh terhadap aroma dan menyebabkan destruksi konstituen minyak, sedangkan gliserol yang merupakan senyawa polialkohol merupakan senyawa yang mudah mengalami oksidasi menghasilkan aldehid dan keton. Keberadaan aldehid dan keton akan menyebabkan *browning*, destruksi asam lemak esensial dan bau tengik akibat adanya aldehid yang mudah menguap. Semakin banyak asam lemak yang terbebaskan, maka semakin tinggi bilangan asam.

Penurunan kualitas minyak juga dapat disebabkan adanya hidrolisis yang diikuti oleh oksidasi. Reaksi hidrolisa merupakan reaksi yang dicetuskan oleh adanya sejumlah air dan reaksi ini dipercepat dengan adanya sejumlah mikroba yang tumbuh. Aksi mikroba terhadap gliserol dapat menghasilkan kurang lebih 20 macam persenyawaan yang termasuk dalam golongan senyawa aldehida, asam organik dan senyawa alifatik yang lainnya. Keberadaan mikroba juga dapat memecah rantai asam lemak bebas menjadi senyawa dengan bobot molekul lebih rendah dan selanjutnya dioksidasi menjadi gas CO₂ dan air.

Penentuan bilangan asam ditentukan berdasarkan reaksi antara asam lemak bebas dengan natrium hidroksida sampai terlihat warna merah jambu dengan

menggunakan indikator fenolftalein (pembuatan dan pembakuan natrium hidroksida terlampir pada lampiran 1)



Reaksi antara asam lemak bebas dengan natrium hidroksida.

Titrasi dilakukan dengan bantuan indikator phenolptalein untuk menentukan titik akhir titrasi. Titran yang digunakan adalah NaOH yang akan bereaksi dengan asam lemak bebas yang terbentuk dari hidrolisis lemak atau minyak. Titik akhir titrasi dapat terlihat pada saat adanya perubahan warna, dari tidak berwarna menjadi berwarna merah muda. Munculnya warna merah muda tersebut disebabkan adanya sedikit kelebihan NaOH sehingga titik akhir titrasi dapat ditentukan. Bilangan asam dihitung berdasarkan volume NaOH yang diperlukan untuk titrasi. Hasil penetapan bilangan tertera pada table VIII.

Tabel VIII. Bilangan Asam dari berbagai perlakuan dengan 3 kali replikasi

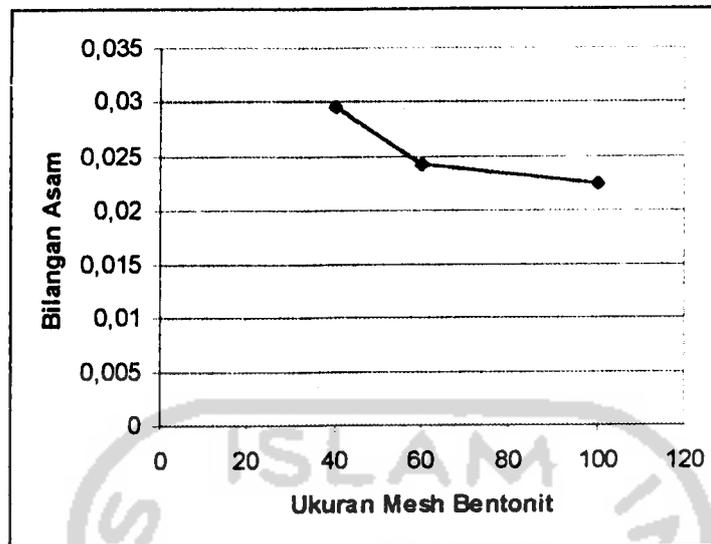
Replikasi ke-	Bilangan asam (%)				
	Sebelum dipakai	Bekas pakai	Bekas pakai ditambah bentonit dengan ukuran mesh		
			40	60	100
1.	0,0093	0,0479	0,0137	0,0137	0,0114
2.	0,0079	0,0452	0,0137	0,0114	0,0096
3.	0,0093	0,0423	0,0114	0,0155	0,0096
\bar{x}	0,0088	0,0451	0,0135	0,0129	0,0102
SD	0,0008	0,0028	0,0021	0,0013	0,0010

Dari tabel tersebut terlihat adanya penurunan bilangan asam pada minyak goreng bekas pakai yang ditambah bentonit dengan berbagai ukuran mesh.

Pada minyak bekas pakai terjadi kenaikan bilangan asam. Hal ini dimungkinkan terjadi adanya air dari bahan yang digoreng dan adanya pengaruh panas pada perlakuan penggorengan. Asam lemak bebas yang dihasilkan oleh proses hidrolisa akan bergabung dengan minyak atau lemak netral. Semakin banyak jumlah asam lemak bebas, tingkat keasaman semakin tinggi. Dengan demikian minyak yang telah terhidrolisis semakin banyak dan bilangan asam semakin tinggi. Oleh karena itu, bilangan asam bisa dijadikan salah satu parameter untuk menilai kualitas lemak dan minyak.

Sedangkan pada perlakuan bentonit dengan berbagai ukuran mesh pada minyak bekas pakai terlihat adanya penurunan bilangan asam. Hal ini dimungkinkan karena sifat dari bentonit yaitu sebagai adsorben senyawa-senyawa polar sehingga bentonit mampu mengadsorpsi asam lemak bebas yang dihasilkan dari proses hidrolisis.

Bentonit yang digunakan (Na bentonit) bersifat mengembang bila terkena air (*swelling bentonite*) sehingga air yang terdapat dalam minyak dapat ditarik oleh bentonit melalui ikatan hidrogen, yaitu melalui tarikan antara oksigen dengan kutub negatif dan hidroksil dengan kutub positif dari ion-ion air. Selain itu, penarikan air oleh bentonit dapat juga melalui hidrasi kation-kation yang dapat bertukar dan melalui tarikan osmose. Dengan demikian, air yang merupakan pencetus reaksi hidrolisis pada minyak akan berkurang dan proses hidrolisis dapat dihambat. Penurunan bilangan asam pada minyak bekas pakai setelah ditambah bentonit dengan berbagai ukuran mesh dapat dilihat pada grafik dari gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan antara ukuran mesh bentonit dengan bilangan asam

Dari grafik terlihat bahwa semakin besar ukuran mesh, ukuran partikel bentonit semakin kecil sehingga luas permukaan efektif yang kontak dengan air dalam minyak akan semakin besar. Bentonit dengan ukuran 100 mesh memiliki efektifitas yang paling baik untuk menurunkan bilangan asam, terlihat dari semakin menurunnya bilangan asam pada masing-masing perlakuan. Menurut Kateren (1986), standar mutu SPB (*Special Prime Bleach*) dan ordinary minyak kelapa sawit berturut-turut memiliki kandungan asam lemak bebas sebesar 1-2% dan 3-5%.

Dari hasil test of homogeneity varians terlihat bahwa keempat varians adalah sama atau homogen., dimana homogenitas varians ini merupakan salah satu syarat untuk uji ANOVA. Pada uji anova didapat hasil bahwa bilangan asam minyak bekas pakai berbeda nyata dengan bilangan asam pada minyak setelah diberi perlakuan bentonit pada berbagai ukuran mesh.

Setelah diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan diantara keempat kelompok, maka dilakukan uji Tukey-HSD yang akan menguji apakah masing-masing perlakuan (40 mesh, 60 mesh dan 100 mesh) memiliki perbedaan yang signifikan. Terlihat adanya perbedaan yang signifikan antara bilangan asam minyak bekas pakai dengan ketiga perlakuan bentonit, tetapi masing-masing ukuran mesh bentonit tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap bilangan asam. Output SPSS terlampir pada lampiran 5.

Pada homogeneous subsets akan dicari kelompok perlakuan mana saja yang mempunyai perbedaan rata-rata yang tidak berbeda signifikan. Terlihat ketiga perlakuan terbagi dalam tiga subsets, yang menunjukkan bahwa ketiga perlakuan memang mempunyai perbedaan yang nyata. Output pada SPSS terlampir dilampiran 5.

C. Penetapan bilangan peroksida

Bilangan peroksida adalah nilai terpenting untuk menentukan tingkat kerusakan pada minyak atau lemak. Asam lemak tidak jenuh dapat mengikat oksigen untuk membentuk peroksida. Pemanasan pada minyak atau lemak akan mengakibatkan perubahan sifat kimia maupun sifat fisika minyak atau lemak tersebut. Minyak kelapa adalah gliserida yang mengandung ikatan tak jenuh sedikit yaitu asam oleat ($C_{17}H_{33}COOH$) antara 0,0-1,3%. Dilihat dari jumlah asam lemak tidak jenuhnya, minyak kelapa tergolong dalam minyak dengan ketahanan ketengikan yang relatif tinggi karena jumlah asam lemak tidak jenuhnya hanya sedikit, tetapi dalam proses pembuatan minyak selalu digunakan panas sehingga

antioksidan yang terkandung di dalam minyak dan asam lemak tak jenuhnya teroksidasi.

Autooksidasi adalah suatu proses oksidasi yang disebabkan oleh adanya radikal bebas pada minyak atau lemak. Radikal bebas ini terbentuk karena adanya peristiwa homolitik pada ikatan C-H dari rantai karbon asam lemak membentuk radikal karbon dan radikal hidrogen. Radikal yang terbentuk bersifat tidak stabil dan mudah mengalami dekomposisi atau polimerisasi membentuk hidrogen peroksida dan peroksida organik. Pada tahap propagasi, radikal yang terbentuk akan bereaksi dengan O₂ di udara membentuk radikal peroksida. Selain itu juga akan menyerang trigliserida yang masih utuh sehingga semakin banyak radikal-radikal bebas yang terbentuk

Penentuan banyaknya peroksida dapat dilakukan dengan cara titrasi, yaitu sejumlah minyak dilarutkan dalam campuran asam asetat kloroform (3:2) yang mengandung KI, maka akan terjadi pelepasan iod.



Reaksi antara radikal asam lemak dengan KI.

Iod yang dibebaskan dititrasi dengan natrium tiosulfat menggunakan indikator amilum hingga warna biru hilang. Hasil yang diakibatkan oksidasi lemak antara lain peroksida, asam lemak, aldehyd dan keton. Untuk mengetahui tingkat kerusakan minyak dapat dinyatakan sebagai angka peroksida.



Reaksi antara iod dengan natrium tiosulfat.

Data bilangan peroksida yang dihasilkan dari penelitian dapat dilihat pada tabel IX.

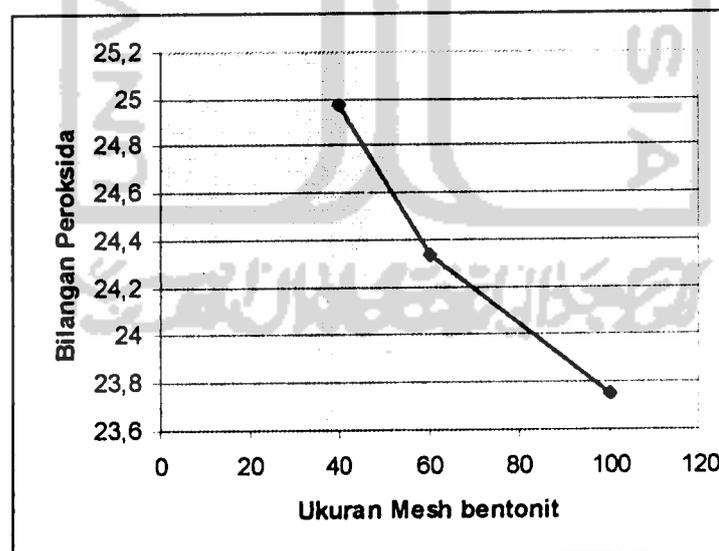
Tabel IX. Bilangan peroksida dari masing-masing perlakuan

Bilangan peroksida					
Replikasi ke-	Sebelum dipakai	Bekas pakai	Bekas pakai ditambah bentonit dengan ukuran mesh		
			40	60	100
1.	7.509	28.086	23.109	23.095	22.885
2.	7.627	26.357	24.897	24.855	23.056
3.	7.855	27.008	26.905	25.045	24.757
— x	7.855	27.008	24.970	24.532	23.757
SD	0.500	0.006	1,899	1.075	1.035

Dari tabel terlihat adanya penurunan bilangan peroksida pada minyak goreng bekas pakai setelah ditambah bentonit dengan berbagai ukuran mesh. Pada percobaan yang dilakukan, setelah minyak digunakan untuk menggoreng terjadi kenaikan bilangan peroksida. Hal ini dimungkinkan terjadi karena adanya proses autooksidasi yang menghasilkan radikal-radikal peroksida. Proses ini diawali dengan tahap inisiasi yang terjadi pada saat minyak dipanaskan. Pada tahap inisiasi terjadi pemutusan pada ikatan C-H dari rantai karbon asam lemak membentuk radikal karbon dan radikal peroksida. Setelah minyak didinginkan, autooksidasi akan berlanjut ke tahap propagasi dimana radikal bebas yang telah terbentuk pada tahap inisiasi akan bereaksi dengan O_2 di udara membentuk radikal peroksida.

Untuk itu penambahan bentonit ke dalam minyak bekas pakai akan membantu sifat antioksidan dari vitamin E. Seperti diketahui, vitamin E merupakan salah satu antioksidan yang mempunyai sifat dapat mencegah ketengikan dalam minyak nabati pada umumnya. Kadar vitamin E dalam minyak adalah 83 ppm dan merupakan kadar paling kecil dibandingkan dengan minyak goreng lainnya. Vitamin E mempunyai efek sinergis dengan bentonit yaitu vitamin E sebagai antioksidan dan bentonit berfungsi untuk mengurangi kandungan radikal bebas yang terlanjur terbentuk menjadi bahan yang tidak reaktif. Radikal bebas merupakan atom dengan *lonpair elektron*, sehingga bentonit dapat bertindak sebagai donor electron terhadap radikal tersebut. Dengan demikian proses uotooksidasi hanya sampai pada tahap propagasi.

Penurunan bilangan peroksida pada minyak bekas pakai Setelah ditambah bentonit dengan berbagai ukuran partikel dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan antara ukuran mesh bentonit dengan bilangan peroksida

Dari grafik di atas terlihat bahwa ukuran bentonit 100 mesh merupakan ukuran paling efektif untuk menurunkan bilangan peroksida yang ditunjukkan dari kecilnya bilangan peroksida pada minyak bekas pakai. Penambahan bentonit ke dalam minyak bekas pakai akan menghambat proses autooksidasi hanya sampai pada tahap propagasi. Bentonit akan menangkap radikal bebas yang terbentuk sehingga dapat menghambat terjadinya reaksi berantai.

Dari hasil analisis statistika terhadap bilangan peroksida bahwa keempat varians adalah homogen. Pada uji ANOVA dapat disimpulkan bahwa bilangan peroksida dari minyak bekas pakai dengan ketiga perlakuan memang berbeda nyata. Selanjutnya dilakukan uji Tukey HSD dan Bonferroni untuk mengetahui perlakuan mana saja yang berbeda signifikan. Terlihat bahwa angka peroksida hanya berbeda signifikan pada minyak goreng setelah dipakai dengan setelah ditambah bentonit ukuran 100 mesh, sedangkan untuk ukuran bentonit 40 mesh dan 60 mesh tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap bilangan peroksida. Output SPSS terlampir pada lampiran 5.

D. Penetapan bilangan TBA

Bilangan TBA (Tio Barbiturid Acid) digunakan untuk menilai derajat ketengikan minyak atau lemak. Ketengikan dapat disebabkan oleh tiga faktor yaitu: 1). Ketengikan karena proses oksidasi, 2). Ketengikan oleh adanya enzim dan 3). Ketengikan oleh proses hidrolisa. Minyak yang telah tengik biasanya berwarna lebih gelap dari warna minyak yang belum tengik. Secara alamiah, warna minyak yang masih baik adalah merah jingga atau kuning yang disebabkan



adanya zat warna karotenoid yang terlarut dalam minyak. Karena bersifat tidak stabil pada suhu tinggi, maka waktu dipapar dengan suhu tinggi warna kuning akan hilang. Selain itu, proses penggorengan juga menyebabkan oksidasi tokoferol (vitamin E) pada minyak.

Proses oksidasi berlangsung bila minyak kontak dengan oksigen di udara. Oksidasi mengakibatkan bau tengik pada minyak atau lemak. Reaksi oksidasi dimulai dengan pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Kemudian asam-asam lemak akan terurai yang disertai konversi hidroperoksida menjadi aldehid dan keton serta asam-asam lemak bebas. Ketengikan (*rancidity*) disebabkan oleh adanya aldehid yang mudah menguap sehingga menghasilkan bau yang tengik.

Selain itu ketengikan pada minyak juga disebabkan oleh hidrolisa lemak yang mengandung asam lemak jenuh yang berantai pendek. Asam lemak yang mudah menguap dan berbau tidak enak misalnya asam butirrat, asam valerat, asam keproat dan ester alifatis yaitu metil nonil keton. Menurut Ketaren (1986), tanah pemucat (*bleaching clay*) sebagai adsorben dapat mengadsorbsi partikel zat warna karena adanya ion Al^{3+} pada permukaan. Daya penyerapan terhadap warna lebih efektif jika adsorben tersebut mempunyai bobot jenis rendah, kadar air tinggi, ukuran partikel halus dan pH adsorben mendekati netral. Adsorben yang terlalu kering akan mengurangi daya penyerapan terhadap zat warna.

Uji TBA didasarkan pada terbentuknya kompleks warna merah sebagai hasil reaksi antara 2 molekul TBA dengan 1 molekul malonaldehida yang dihasilkan dari oksidasi asam lemak tidak jenuh. Kemudian serapan dibaca menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 528 nm. Intensitas

warna merah sesuai dengan jumlah malonaldehida yang terbentuk. Semakin banyak malonaldehida, maka intensitas warna akan semakin tinggi.

Data bilangan TBA dari penelitian dapat dilihat pada tabel X.

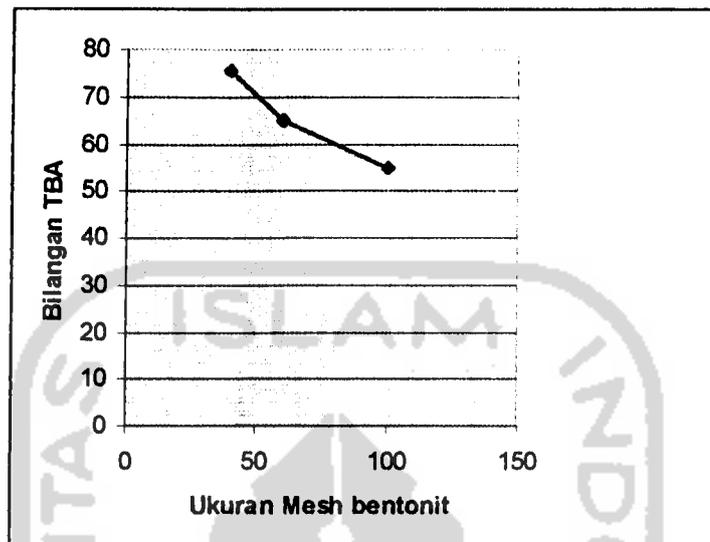
Tabel X. Bilangan TBA dari masing-masing perlakuan.

Bilangan TBA					
Replikasi ke-	Sebelum dipakai	Bekas pakai	Bekas pakai ditambah bentonit dengan berbagai ukuran mesh		
			40	60	100
1.	10.297	138.416	81.756	61.037	56.024
2.	10.263	122.353	66.275	63.373	50.931
3.	7.8	150.392	79.021	71.303	58.304
\bar{x}	9.453	137.054	75.744	65.238	55.086
SD	1.432	14.069	8.299	5.381	3.775

Dari data tersebut terlihat bahwa semakin kecil ukuran partikel bentonit, bilangan TBA yang dihasilkan akan semakin kecil.

Minyak goreng bekas pakai memiliki bilangan TBA yang lebih tinggi dibandingkan minyak sebelum dipakai. Hal ini terjadi karena minyak telah mengalami ketengikan dengan adanya aldehid yang mudah menguap sehingga menghasilkan bau tengik. Sedangkan pada minyak bekas pakai yang telah ditambah bentonit dengan berbagai ukuran mesh terjadi penurunan bilangan TBA. Penambahan bentonit ke dalam minyak bekas pakai dapat menyerap partikel zat warna dan senyawa-senyawa penyebab ketengikan pada minyak. Secara visual, warna minyak menjadi lebih jernih jika dibandingkan dengan minyak bekas pakai sebelum ditambah bentonit.

Dan penurunan bilangan TBA dari masing-masing perlakuan ukuran mesh bentonit dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik antara ukuran mesh bentonit dengan bilangan TBA

Pada grafik diatas terlihat penurunan bilangan TBA setelah minyak bekas pakai ditambah dengan bentonit dengan berbagai ukuran. Ukuran bentonit 100 mesh merupakan ukuran yang paling efektif untuk menurunkan bilangan TBA.

Dari hasil analisis menggunakan One Way ANOVA, pada tes homogenitas varians diperoleh hasil bahwa keempat varians adalah homogen, dimana homogenitas varians ini merupakan syarat untuk uji ANOVA. Selanjutnya, pada uji ANOVA terlihat ada perbedaan signifikan bilangan TBA pada keempat varians.

Dari uji ini Tukey HSD dan Bonferroni terlihat bahwa semua ukuran partikel bentonit memberikan perbedaan signifikan terhadap TBA pada minyak bekas pakai. Hasil SPSS dapat dilihat pada lampiran 5.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Penambahan bentonit pada minyak goreng bekas pakai dapat menurunkan bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA sehingga bentonit dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas minyak goreng.
2. Bentonit dengan ukuran 100 mesh lebih efektif dibanding ukuran 40 mesh dan 60 mesh dalam menurunkan bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA.

B. SARAN

1. Perlu ada analisis parameter kualitas yang lain yaitu penetapan bilangan penyabunan, bilangan Polenske, bilangan Krischner, bilangan ester dan lain-lain.
2. Perlu adanya uji organoleptis minyak goreng bekas pakai yang ditambah bentonit sehingga dapat diketahui tingkat penerimaan oleh masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1995, *farmakope Indonesia, Edisi IV*, Departemen Kesehatan RI, Jakarta.
- Anonim, 1977, *Mutu dan Cara Uji Minyak Kelapa*, SII No.0151, Departemen Perindustrian RI, Jakarta.
- Anonim, 2002, *Kumpulan Makalah Seminar dan Workshop Kegunaan dan Aplikasi Difraksi Sinar -X*, F-MIPA UII, Yogyakarta.
- Fathurrahmi, 2003, *Karakterisasi, Aktivasi dan Pemanfaatan Bentonit Sebagai Adsorben Cu (II)*, Skripsi, Jurusan Kimia, F-MIPA, UII, Yogyakarta.
- Fisher, L.F and M.Fisher, 1958, *Organic Chemistry*, 2nd edition., George G.Harahap & Cp, Ltd, London.
- Hamdan, 1987, *Beda Umur Kandungan Panen Dan Jenis Kelapa Terhadap Rendemen, Kandungan Tokoferol, Komposisi Asam Lemak Dan Mutu Minyak Kelapa*, F-THP UGM, Yogyakarta.
- Ketaren, S., 1986, *Terjemahan Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan Ed.I., Cet.1*, UI Press, Jakarta, 61-74, 114, 173, 181, 207-209.
- Kusrini Eny, 2001, *Pembuatan Se Aktif Karbon Aktif untuk Daur Ulang Minyak Kelapa Jelantah dengan Uji Sifat Fisika dan Kimia*, Skripsi, F-MIPA UGM, Yogyakarta.
- Khair Miftahul, 2001, *Studi Stabilitas Struktur Na Bentonit Terhadap Pengaruh Asam Sulfat Panas*, Skripsi, F-MIPA UGM, Yogyakarta.
- Leonard, V.I., 1995, *Materials Chemistry : an Emerging Dicipline*, ACS, Washington, 449-458.
- Martin, K, 1992, *Adsorption Isoterm of Pigmen from Alkali-refined Vegetable Oils with Clay Materials*, No.4, Vol 69, Journal of American Oil Chmist's Society, 372-378.
- Murtado, Hari., 1994, *Kajian Reaksi Pertukaran Ion Kalsium Oleh Ion Natrium Bentonit Alam(Ca bentonit)*, Skripsi, F-MIPA UGM, Yogyakarta.
- Nilasari Windi, 2002, *Pemanfaatan Zeolit Terasamkan Sebagai Adsorben Dalam Pemucatan Minyak Sawit kasar (CPO)*, skripsi, F-MIPA UGM, Yogyakarta.

- Perkins, B.W., 2002, *Clay Chemistry and Adsorbability of Micotoxins*, <http://www.Mycoclay.Com>. Diakses 12 juli 2003.
- Pinnavaia, T.J., 1982, *Intercalated Clay Catalyst*, Vd.220, Number 4595.
- Riyanto, A, 1994, *Bahan Galian Industri Bentonit*, Dirjen Pertambangan Umum, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, Jakarta. 25-35.
- Santoso, S., 2000, *Buku Latihan SPSS*, Jakarta, PT Elek Media Compputindo, 89-95, 99.
- Sudarmadji, S. Suhardi dan Haryono, B., 1996, *Analisis Bahan Makanan dan Pertanian, Edisi kedua*. Jogjakarta,: Penerbit Liberty 114-117.
- Triebold, Howard, O., 1963, *Food Composition and Analysis*, D. Van Nostard Co. Inc., Toronto, 124-125, 160-164, 168-171.
- Wahyuni, E.T., 1991, *Pemisahan Mineral Lempung Utan:a dalam Lempung Riau dan Lempung Boyolali dan Identifikasi dengan Metode Difraksi Sinar-X*, Thesis, Pasca Sarjana Program Magister Kimia, 'TB, Bandung.
- Winarno, F.G. 1986, *Kimia Pangan dan Gizi*, Jakarta, Penerbit PT Gramedia, 84-118.



LAMPPIRAN



LAMPIRAN 1

Pembuatan dan pembakuan larutan Natrium Hidroksida 0,1 N dan Natrium Tiosulfat 0,1 N

1. Pembuatan Natrium Hidroksida 0,1 N

Larutkan 16,2 g natrium hidroksida P dalam 150 ml air bebas CO₂ P
 ↓
 Dinginkan larutan hingga suhu kamar
 ↓
 Saring melalui kertas saring yang dikeraskan
 ↓
 Masukkan 54,5 ml filtrat jernih kedalam wadah poliolefin bertutup
 ↓
 Encerkan dengan air bebas karbon dioksida P hingga volume 1000 ml
 ↓
 Tiap 1000 ml larutan mengandung 4,001 g NaOH

2. Pembakuan Natrium Hidroksida 0,1 N

Timbang kurang lebih 100 mg asam oksalat P yang sebelumnya telah dihaluskan dan dikeringkan pada suhu 120°C selama 2 jam
 ↓
 Larutkan dalam 75 ml air bebas CO₂ P
 ↓
 Tambahkan 2 tetes fenolftalein LP dan titrasi dengan larutan natrium hidroksida hingga menjadi warna merah muda mantap
 ↓
 Tiap 1 ml NaOH setara dengan 20,42 mg kalium biftalat (replikasi 3x)

$$\begin{aligned}
 \text{Perhitungan normalitas NaOH} &= \frac{2 \times \text{mg asam oksalat}}{\text{ml NaOH} \times \text{BM asam oksalat}} \\
 &= \frac{2 \times 100 \text{ mg}}{13,200 \text{ ml} \times 126} \\
 &= 0,120 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Catatan : untuk pembakuan NaOH, selain menggunakan asam oksalat dapat digunakan asam klorida atau kalium biftalat.

0,120 N = rata-rata normalitas NaOH setelah direplikasi 3x. ml NaOH yang diperlukan sampai terbentuk warna merah muda mantap pada replikasi 1 dan 2 adalah 12,905 ml dan 13.452 ml (perhitungan normalitas sama dengan yang diatas).

1. Pembuatan Natrium Tiosulfat 0,1 N

Timbang lebih kurang 26 g natrium tiosulfat P dan 200 mg natrium karbonat P

Larutkan dalam air yang sebelumnya telah dididihkan dan didinginkan, hingga

↓
1000 ml

Tiap 1000 ml larutan mengandung 24,82 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

2. Pembakuan Natrium Tiosulfat 0,1 N

Timbang seksama lebih kurang 210 mg kalium bikromat P yang sebelumnya telah dihaluskan dan dikeringkan pada suhu 120°C selama 4 jam

↓
Larutkan dengan 100 ml air dalam labu bersumbat kaca 500 ml

↓
Goyangkan hingga padatan larut kemudian angkat tutupnya

↓
Tambahkan dengan cepat 3 g kalium iodida P, 2 g natrium bikarbonat P dan 5 ml asam klorida P, tutup labu, goyangkan hingga bahan tercampur, biarkan ditempat gelap selama 5 menit

↓
Bilas tutup dan dinding labu sebelah dalam dengan air

↓
Titrasi iodium yang dibebaskan dengan natrium tiosulfat hingga warna hijau kekuningan

↓
Tambahkan 3 ml kanji LP

↓
Lanjutkan titrasi sampai warna biru tepat hilang, kemudian hitung normalitas larutan

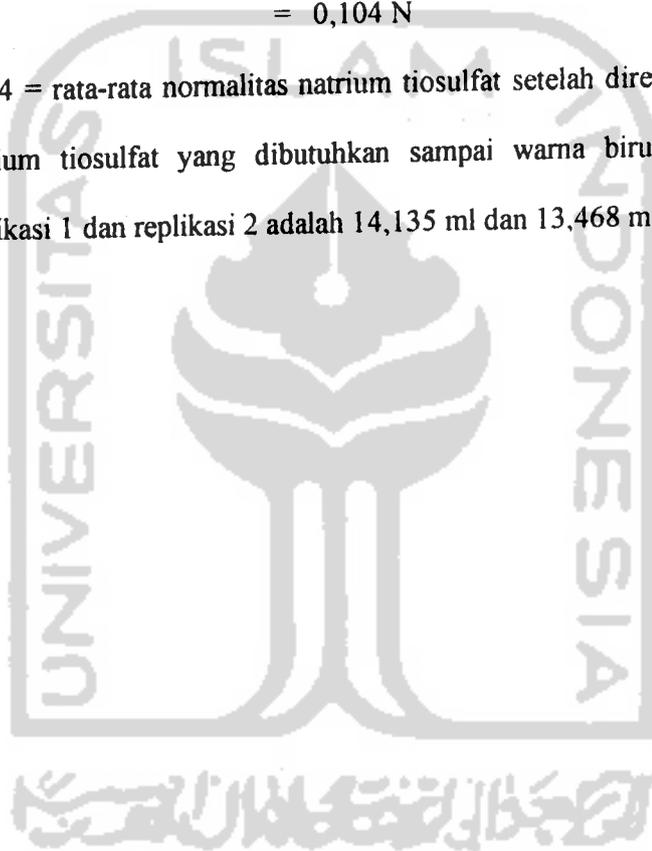
↓

Tiap 1 ml natrium tiosulfat 0,100 N setara dengan 4,903 mg kalium bikromat

↓
Replikasi 3x

$$\begin{aligned}
 \text{Perhitungan normalitas Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 &= \frac{2 \times \text{mg kalium bikromat}}{\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{BM kalium bikromat}} \\
 &= \frac{2 \times 210 \text{ mg kalium bikromat}}{13,750 \text{ ml} \times 294,19} \\
 &= 0,104 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Catatan : 0,104 = rata-rata normalitas natrium tiosulfat setelah direplikasi 3x. ml natrium tiosulfat yang dibutuhkan sampai warna biru hilang pada replikasi 1 dan replikasi 2 adalah 14,135 ml dan 13,468 ml.



LAMPIRAN 2**Pembuatan fenolftalein LP, kanji 1%, larutan jenuh KI dan reagen TBA**

1. Pembuatan fenolftalein LP 1%

Timbang 1,0 gram fenolftalein P

↓
Larutkan dalam 100 ml etanol P.

2. Pembuatan kanji 1%

Timbang 1 g laktosa

↓
Larutkan dalam air hingga 100 ml sambil diaduk, dididihkan selama beberapa menit dan saring

3. Pembuatan larutan jenuh KI

Timbang 16,5 gram KI P

↓
Larutkan dalam air hingga 100 ml

4. Pembuatan reagen TBA

Thiobarbiturat acid 0,02 M

↓
Dilarutkan dalam 90% asam asetat glacial↓
Pelarutan dipercepat dengan pemanasan diatas penangas air

LAMPIRAN 3

Perhitungan bilangan asam, bilangan peroksida dan bilangan TBA

1. Perhitungan bilangan asam

$$\text{Bilangan asam} = \frac{(\text{Volume} \times \text{Normalitas} \times \text{BM}) \text{ NaOH}}{\text{Bobot sampel}}$$

Contoh: pada minyak goreng sebelum dipakai, replikasi 1

$$\begin{aligned} \text{mg NaOH} &= \frac{0,433 \times 0,120 \text{ N} \times 40}{10,083 \text{ g}} \\ &= 0,206 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka asam} &= \frac{0,206 \times 1,0 \text{ g}}{10,083 \text{ g}} \\ &= 0,0204 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{\text{Bilangan asam}}{2,19} \end{aligned}$$

2,19 = Faktor konversi untuk asam Palmitat (Sudarmadji, 1996)

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{0,0204}{2,19} \\ &= 0,0093 \end{aligned}$$

Di bawah ini adalah jumlah bobot minyak goreng dan jumlah NaOH yang diperlukan sampai terbentuk warna merah muda mantap pada masing-masing replikasi.

Sebelum dipakai	Bekas pakai	Bobot minyak goreng (g)		
		Bekas pakai ditambah bentonit		
		40	60	100
10,08	10,10	10,09	10,07	10,10
10,08	10,08	10,09	10,07	10,10
10,08	10,08	10,08	10,07	10,10

Jumlah NaOH (ml)				
Sebelum dipakai	Bekas pakai	Bekas pakai ditambah bentonit		
		40	60	100
0,433	2.240	0.638	0.513	0.465
0,366	1.963	0.523	0.521	0,450
0,433	2.103	0.714	0,531	0.452

2. Perhitungan bilangan peroksida

$$\text{Bilangan peroksida} = \frac{(V \times N) \text{ Natrium tiosulfat} \times 1000}{\text{Bobot sampel (g)}}$$

Contoh: pada minyak goreng sebelum dipakai, replikasi 1

$$\begin{aligned} \text{Bilangan peroksida} &= \frac{(0.367 \text{ ml} \times 0.104 \text{ N}) \times 1000}{5,08 \text{ g}} \\ &= 7.509 \text{ Meq} \end{aligned}$$

Dibawah ini adalah bobot minyak goreng dan jumlah ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang diperlukan sampai warna biru hilang pada masing-masing replikasi.

Bobot minyak goreng (g)				
Sebelum dipakai	Bekas pakai	Bekas pakai ditambah bentonit		
		40	60	100
5,08	5,07	5,06	5,06	5,06
5,08	5,09	5,06	5,06	5,07
5,08	5,08	5,08	5,06	5,08

Jumlah $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ml)				
Sebelum dipakai	Bekas pakai	Bekas pakai ditambah bentonit		
		40	60	100
0.367	1.370	1.125	1,125	1.115
0.373	1.290	1.213	1.210	1.124
0.413	1.320	1.315	1.220	1.210

3. Perhitungan bilangan TBA

$$\text{Angka TBA} = D \times 7,8$$

Contoh: pada minyak goreng sebelum dipakai, replikasi 1

$$\begin{aligned} \text{Angka TBA} &= 0,054 \times 7,8 \\ &= 0,421 \\ &= 0,421 \times \frac{1000 \text{ g}}{3,0243 \text{ g}} \\ &= 138.416 \text{ mg} \end{aligned}$$

Dibawah ini adalah bobot minyak goreng pada masing-masing replikasi.

Bobot minyak goreng (g)				
Sebelum dipakai	Bekas pakai	Bekas pakai ditambah bentonit		
		40	60	100
3,03	3,04	3,05	3,06	3,06
3,04	3,06	3,06	3,07	3,06
3,03	3,06	3,05	3,06	3,07

Dibawah ini adalah hasil serapan setelah diukur pada panjang gelombang 528 nm pada masing-masing replikasi.

Absorbansi pada panjang gelombang 528 nm				
Sebelum dipakai	Bekas pakai	Bekas pakai ditambah bentonit		
		40	60	100
0,004	0,054	0,032	0,024	0,022
0,004	0,048	0,026	0,025	0,020
0,003	0,059	0,031	0,028	0,023

Perhitungan pada replikasi 2 dan 3 pada masing variasi ukuran mesh bentonit sama seperti di atas da hasilnya dapat dilihat pada tabel VIII, IX, X.

LAMPIRAN 4

STANDAR MUTU SPB DAN ORDINARY MINYAK SAWIT

Standar mutu SPB dan Ordinary minyak sawit

Kandungan	SPB	Ordinary
Asam lemak bebas(%)	1 - 2	3 - 5
Kadar air (%)	0,1	0,1
Kotoran (%)	0,002	0,01
Besi p.p.m.	10	10
Tembaga p.p.m.	0,5	0,5
Bilangan iod	53 ± 1,5	45 - 56
Karotene p.p.m.	500	500 - 700
Tokoferol p.p.m.	800	400 - 600



LAMPIRAN 5

Output pada SPSS uji ANOVA dan uji korelasi

Oneway

Descriptives

bilangan asam

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
setelah	3	,098800	,0061506	,0035511	,083621	,114179	,0927	,1050
40 mesh	3	,029667	,0045092	,0028034	,018485	,040868	,0250	,0340
60 mesh	3	,024333	,0005774	,0003333	,022899	,025768	,0240	,0250
100 mesh	3	,022333	,0023094	,0013333	,018596	,028070	,0210	,0250
Total	12	,043808	,0335129	,0096743	,022515	,065101	,0210	,1050

Keterangan : Pada tabel di atas terlihat ringkasan statistika.

Test of Homogeneity of Variances

bilangan asam

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,655	3	8	,253

Analisis ini digunakan untuk menguji berlaku tidaknya asumsi ANOVA, yaitu Apakah keempat sampel mempunyai varians yang sama.

Hipotesis :

- H_0 : Keempat varians populasinya identik
- H_1 : Keempat varians populasinya tidak identik

Pengambilan keputusan

- Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 ditolak
- Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak

Keputusan :

Terlihat bahwa Levene Test hitung adalah 1,655 dengan nilai probabilitas 0,253. Oleh karena probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima, atau keempat varians adalah sama.

ANOVA

bilangan asam

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,012	3	,004	255,399	,000
Within Groups	,000	8	,000		
Total	,012	11			

Hipotesis :

H_0 : Keempat rata-rata populasinya identik

H_1 : Keempat rata-rata populasinya tidak identik

Pengambilan keputusan

- Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak

Keputusan :

Terlihat bahwa F hitung adalah 255,399 dengan nilai probabilitas 0.000. Oleh karena probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak, artinya keempat kelompok tersebut memang berbeda nyata.

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: bilangan asam

(I) cara perlakuan	(J) cara perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	setelah	40 mesh	,069233*	,0032616	,000	,058788	,079678
		60 mesh	,074567*	,0032616	,000	,064122	,085012
		100 mesh	,076567*	,0032616	,000	,066122	,087012
	40 mesh	setelah	-,069233*	,0032616	,000	-,079678	-,058788
		60 mesh	,005333	,0032616	,413	-,005112	,015778
		100 mesh	,007333	,0032616	,190	-,003112	,017778
	60 mesh	setelah	-,074567*	,0032616	,000	-,085012	-,064122
		40 mesh	-,005333	,0032616	,413	-,015778	,005112
		100 mesh	,002000	,0032616	,925	-,008445	,012445
	100 mesh	setelah	-,076567*	,0032616	,000	-,087012	-,066122
		40 mesh	-,007333	,0032616	,190	-,017778	,003112
		60 mesh	-,002000	,0032616	,925	-,012445	,008445
Bonferroni	setelah	40 mesh	,069233*	,0032616	,000	,057886	,080580
		60 mesh	,074567*	,0032616	,000	,063220	,085914
		100 mesh	,076567*	,0032616	,000	,065220	,087914
	40 mesh	setelah	-,069233*	,0032616	,000	-,080580	-,057886
		60 mesh	,005333	,0032616	,844	-,006014	,016680
		100 mesh	,007333	,0032616	,328	-,004014	,018680
	60 mesh	setelah	-,074567*	,0032616	,000	-,085914	-,063220
		40 mesh	-,005333	,0032616	,844	-,016680	,006014
		100 mesh	,002000	,0032616	1,000	-,009347	,013347
	100 mesh	setelah	-,076567*	,0032616	,000	-,087914	-,065220
		40 mesh	-,007333	,0032616	,328	-,018680	,004014
		60 mesh	-,002000	,0032616	1,000	-,013347	,009347

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Setelah diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan diantara keempat kelompok, pada Post Hoc Test akan dibahas kelompok mana saja yang berbeda dan mana yang berbeda. Hasil uji signifikansi Bonferroni dan Tukey-HSD dapat dengan mudah dilihat pada out put dengan ada tidaknya tanda * pada kolom mean difference. Jika ada tanda * berarti ada perbedaan yang signifikan.

Homogeneous Subsets

bilangan asam

cara perlakuan	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Tukey HSD ^a 100 mesh	3	,022333	
60 mesh	3	,024333	
40 mesh	3	,029667	
setelah	3		,098900
Sig.		,190	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Oneway

Descriptives

bilangan peroksida		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
setelah		3	27,150333	,8732436	,5041674	24,981076	29,319591	26,3570	28,0860
40 mesh		3	24,970333	1,8990622	1,0964241	20,252801	29,687865	23,1090	26,9050
60 mesh		3	24,331667	1,0751899	,6207812	21,660747	27,002586	23,0950	25,0450
100 mesh		3	23,566000	1,0349739	,5975425	20,994982	26,137018	22,8850	24,7570
Total		12	25,004583	1,7729189	,5117976	23,878124	26,131042	22,8850	28,0860

Keterangan : Pada tabel di atas terlihat ringkasan statistika.

Test of Homogeneity of Variances

bilangan peroksida

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,629	3	8	,617

Analisis ini digunakan untuk menguji berlaku tidaknya asumsi ANOVA, yaitu Apakah keempat sampel mempunyai varians yang sama.

Hipotesis :

- H_0 : Keempat varians populasinya identik
- H_1 : Keempat varians populasinya tidak identik

Pengambilan keputusan

- Jika probabilitas $> 0,05$, maka H_0 ditolak
- Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak

Keputusan :

Terlihat bahwa Levene Test hitung adalah 0.629 dengan nilai probabilitas 0,617. Oleh karena probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima, atau keempat varians adalah sama.

ANOVA

bilangan peroksida

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Group	21,383	3	7,128	4,322	,043
Within Groups	13,192	8	1,649		
Total	34,576	11			

Hipotesis :

Ho : Keempat rata-rata populasinya identik

H1 : Keempat rata-rata populasinya tidak identik

Pengambilan keputusan

- Jika probabilitas $> 0,05$, maka Ho diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, maka Ho ditolak

Keputusan :

Terlihat bahwa F hitung adalah 40322 dengan nilai probabilitas 0.043. Oleh karena probabilitas < 0.05 , maka Ho ditolak, artinya keempat kelompok tersebut memang berbeda nyata.

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: bilangan peroksida

(I) cara perlakuan	(J) cara perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	setelah	40 mesh	2,180000	1,0485066	,238	-1,177687	5,537687
		60 mesh	2,818667	1,0485066	,103	-,539020	6,176354
		100 mesh	3,584333*	1,0485066	,037	2,26646	6,942020
	40 mesh	setelah	-2,180000	1,0485066	,238	-5,537687	1,177687
		60 mesh	,638667	1,0485066	,926	-2,719020	3,996354
		100 mesh	1,404333	1,0485066	,566	-1,953354	4,762020
	60 mesh	setelah	-2,818667	1,0485066	,103	-6,176354	,539020
		40 mesh	-,638667	1,0485066	,926	-3,996354	2,719020
		100 mesh	,785667	1,0485066	,882	-2,592020	4,123354
	100 mesh	setelah	-3,584333*	1,0485066	,037	-6,942020	-,226646
		40 mesh	-1,404333	1,0485066	,566	-4,762020	1,953354
		60 mesh	-,785667	1,0485066	,882	-4,123354	2,592020
Bonferroni	setelah	40 mesh	2,180000	1,0485066	,427	-1,467628	5,827628
		60 mesh	2,818667	1,0485066	,165	-,828961	6,466294
		100 mesh	3,584333	1,0485066	,055	-,063294	7,231961
	40 mesh	setelah	-2,180000	1,0485066	,427	-5,827628	1,467628
		60 mesh	,638667	1,0485066	1,000	-3,008961	4,286294
		100 mesh	1,404333	1,0485066	1,000	-2,243294	5,051961
	60 mesh	setelah	-2,818667	1,0485066	,165	-6,466294	,828961
		40 mesh	-,638667	1,0485066	1,000	-4,286294	3,008961
		100 mesh	,785667	1,0485066	1,000	-2,881961	4,413294
	100 mesh	setelah	-3,584333	1,0485066	,055	-7,231961	-,063294
		40 mesh	-1,404333	1,0485066	1,000	-5,051961	2,243294
		60 mesh	-,785667	1,0485066	1,000	-4,413294	2,881961

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Setelah diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan diantara keempat kelompok, pada Post Hoc Test akan dibahas kelompok mana saja yang berbeda dan mana yang berbeda. Hasil uji signifikansi Bonferroni dan Tukey-HSD dapat dengan mudah dilihat pada out put dengan ada tidaknya tanda * pada kolom mean difference. Jika ada tanda * berarti ada perbedaan yang signifikan.

Homogeneous Subsets

bilangan peroksida

cara perlakuan	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Tukey HSD ^a 100 mesh	3	23,566000	
60 mesh	3	24,331667	24,331667
40 mesh	3	24,970333	24,970333
setelah	3		27,150333
Sig.		,566	,103

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Oneway

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
setelah	3	137,0537	14,0690563	8,1227734	102,104193	172,003140	122,3530	150,3920
40 mesh	3	75,684000	8,2623857	4,7702906	55,159096	96,208904	66,2750	81,7560
60 mesh	3	65,237667	5,3810248	3,1087360	51,870461	78,604873	61,0370	71,3030
100 mesh	3	55,086333	3,7748770	2,1794262	45,709019	64,463648	50,9310	58,3040
Total	12	83,285417	34,1493560	9,8580699	81,567951	104,962882	50,9310	150,3920

Keterangan : Pada tabel di atas terlihat ringkasan statistika

Test of Homogeneity of Variances

bilangan TBA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,620	3	8	,260

Analisis ini digunakan untuk menguji berlaku tidaknya asumsi ANOVA, yaitu Apakah keempat sampel mempunyai varians yang sama.

Hipotesis :

- Ho : Keempat varians populasinya identik
- H1 : Keempat varians populasinya tidak identik

Pengambilan keputusan

- Jika probabilitas $> 0,05$, maka Ho ditolak
- Jika probabilitas $< 0,05$, maka Ho ditolak

Keputusan :

Terlihat bahwa Levene Test hitung adalah 1,620 dengan nilai probabilitas 0,260. Oleh karena probabilitas $> 0,05$, maka Ho diterima, atau keempat varians adalah sama.

ANOVA

bilangan TBA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12209,143	3	4069,714	52,612	,000
Within Groups	618,821	8	77,353		
Total	12827,964	11			

Hipotesis :

Ho : Keempat rata-rata populasinya identik

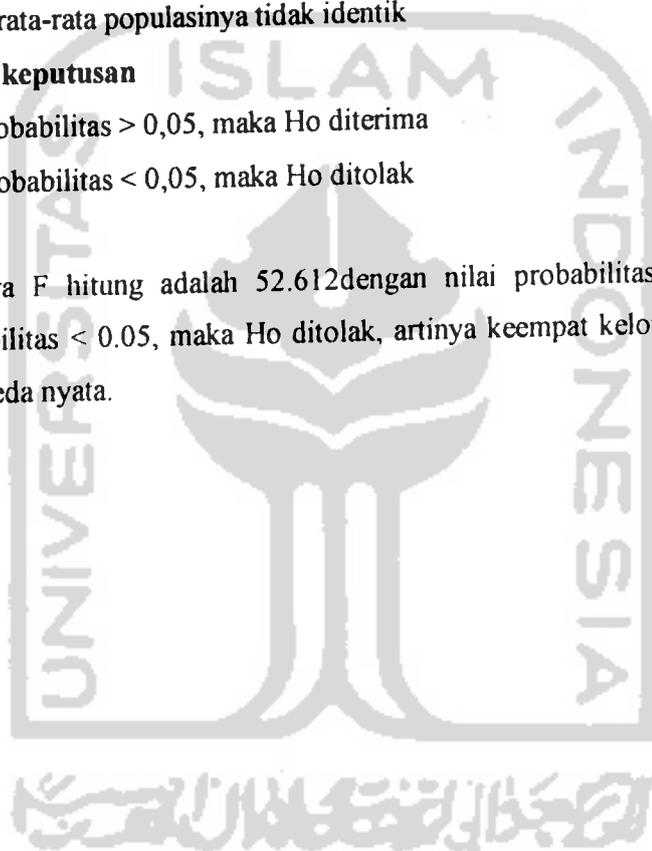
H1 : Keempat rata-rata populasinya tidak identik

Pengambilan keputusan

- Jika probabilitas $> 0,05$, maka Ho diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, maka Ho ditolak

Keputusan :

Terlihat bahwa F hitung adalah 52.612 dengan nilai probabilitas 0.000. Oleh karena probabilitas < 0.05 , maka Ho ditolak, artinya keempat kelompok tersebut memang berbeda nyata.



Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: bilangan TBA

(I) cara perlakuan	(J) cara perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	setelah	40 mesh	61,369667*	7,1811151	,000	38,373208	84,366125
		60 mesh	71,816000*	7,1811151	,000	48,819542	94,812458
		100 mesh	81,967333*	7,1811151	,000	58,970875	104,963792
	40 mesh	setelah	-81,369667*	7,1811151	,000	-84,366125	-38,373208
		60 mesh	10,446333	7,1811151	,504	-12,550125	33,442792
		100 mesh	20,597667	7,1811151	,080	-2,398792	43,594125
	60 mesh	setelah	-71,816000*	7,1811151	,000	-84,812458	-48,819542
		40 mesh	-10,446333	7,1811151	,504	-33,442792	12,550125
		100 mesh	10,151333	7,1811151	,526	-12,845125	33,147792
	100 mesh	setelah	-81,967333*	7,1811151	,000	-104,963792	-58,970875
		40 mesh	-20,597667	7,1811151	,080	-43,594125	2,398792
		60 mesh	-10,151333	7,1811151	,526	-33,147792	12,845125
Bonferroni	setelah	40 mesh	61,369667*	7,1811151	,000	36,387435	86,351898
		60 mesh	71,816000*	7,1811151	,000	46,833768	96,798232
		100 mesh	81,967333*	7,1811151	,000	56,985102	106,949565
	40 mesh	setelah	-61,369667*	7,1811151	,000	-86,351898	-36,387435
		60 mesh	10,446333	7,1811151	1,000	-14,535898	35,428565
		100 mesh	20,597667	7,1811151	,125	-4,384565	45,579898
	60 mesh	setelah	-71,816000*	7,1811151	,000	-98,798232	-46,833768
		40 mesh	-10,446333	7,1811151	1,000	-35,428565	14,535898
		100 mesh	10,151333	7,1811151	1,000	-14,830898	35,133565
	100 mesh	setelah	-81,967333*	7,1811151	,000	-106,949565	-56,985102
		40 mesh	-20,597667	7,1811151	,125	-45,579898	4,384565
		60 mesh	-10,151333	7,1811151	1,000	-35,133565	14,830898

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Setelah diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan diantara keempat kelompok, pada Post Hoc Test akan dibahas kelompok mana saja yang berbeda dan mana yang berbeda. Hasil uji signifikansi Bonferroni dan Tukey-HSD dapat dengan mudah dilihat pada out put dengan ada tidaknya tanda * pada kolom mean difference. Jika ada tanda * berarti ada perbedaan yang signifikan.

Homogeneous Subsets

bilangan TBA

cara perlakuan	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Tukey HSD ^a 100 mesh	3	55,086333	
60 mesh	3	65,237667	
40 mesh	3	75,684000	
setelah	3		137,0537
Sig.		,080	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.