

**PENGARUH PENAMBAHAN BEKATUL TERHADAP
PENURUNAN BILANGAN PEROKSIDA DAN ASAM
LEMAK BEBAS PADA MINYAK GORENG
CURAH PENGGORENGAN BERULANG**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan sebagai
Sarjana Sains Terapan



Oleh:
Muhammad Fi Achsani Taqwim
06130177N

**PROGRAM STUDI D-IV ANALIS KESEHATAN
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2017**

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir :

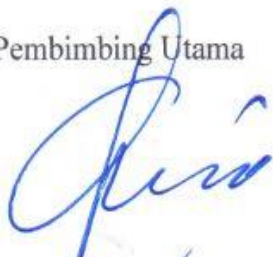
**PENGARUH PENAMBAHAN BEKATUL TERHADAP PENURUNAN
BILANGAN PEROKSIDA DAN ASAM LEMAK BEBAS
PADA MINYAK GORENG CURAH
PENGGORENGAN BERULANG**

Oleh:
Muhammad Fi Achsani Taqwm
06130177N

Surakarta, 1 Agustus 2017

Menyetujui Untuk Sidang Tugas Akhir

Pembimbing Utama



Dra. Nur Hidayati, M.Pd
NIS. 01.93.037

Pembimbing Pendamping



Dian Kresnadipayana, S.Si, M.Si
NIS. 01201310161179

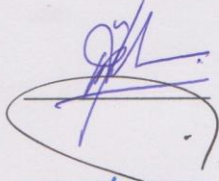
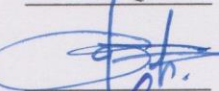
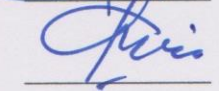

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir

PENGARUH PENAMBAHAN BEKATUL TERHADAP PENURUNAN KADAR BILANGAN PEROKSIDA DAN ASAM LEMAK BEBAS PADA MINYAK GORENG CURAH PENGGORENGAN BERULANG


Oleh :
Muhammad Fi Achsani Taqwim
06130177N

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 2 Agustus 2017

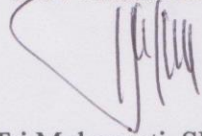
Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penguji I : D. Andang Arif Wibawa SP.M.Si		4/8 2017
Penguji II : Drs. Soebiyanto, M.Or., M.Pd		4/8 2017
Penguji III : Dian Kresnadipayana, S.Si, M.Si		4/8 2017
Penguji IV : Dra. Nur Hidayati, M.Pd		4/8 2017

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan
Universitas Setia Budi


Prof. dr. Masetyawan HNE S, M.Sc., Ph.D
NIDN. 0029094802

Ketua Program Studi
D-IV Analisis Kesehatan


Tri Mulyowati, SKM., M.Sc
NIS. 01.2011.153

MOTTO

Education is not preparation for life as real education is life it self

When we are already one of the majors, does not mean we should be one of the future

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya

Karya sederhana ini kupersembahkan kepada:

- *Kedua Orang Tua yang telah memberi doa dan dukungan selama ini, Luar Biasa.*
- *Dosen Pembimbing yang telah sabar dalam meluangkan waktunya untuk membimbing Saya dalam pembuatan Tugas Akhir.*
- *Shabat – sahabat tersayang.*
- *Teman-teman ku semua D-IV Analis Kesehatan yang tidak bisa Saya sebut satu per satu.*
- *Semua pihak yang telah membantuku dalam penyusunan tugas akhir ini.*

Universitas Setia Budi.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila tugas akhir ini merupakan jiplakan penelitian / karya ilmiah / tugas akhir, maka saya siap menerima sanksi, baik secara akademis maupun hukum.

Surakarta, 2 Agustus 2017



Muhammad Fi Achsani Taqwim
NIM. 06130177N

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puja dan puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan anugerah dan karunia-Nya, sehingga pada saat ini penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN BEKATUL TERHADAP PENURUNAN BILANGAN PEROKSIDA DAN ASAM LEMAK BEBAS PADA MINYAK GORENG CURAH PENGGORENGAN BERULANG”**.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tidak sedikit mengalami kesulitan, namun berkat adanya bantuan dan semangat dari berbagai pihak, khususnya orang tua yang senantiasa memberikan bantuan moral maupun materil serta semangat dan juga do'a, juga motivasi sehingga tersusun tugas akhir ini. pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Djoni, MBA, selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Prof. dr. Marsetyawan HNE Soesatyo, M.Sc., Ph.D, selaku Dekan Fakultas IlmuKesehatan Universitas Setia Budi Surakarta.
3. Tri Mulyowati, SKM., M. Sc., selaku Ketua Program Studi D-IV Analisis Kesehatan Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Setia Budi Surakarta
4. Dra. Nur Hidayati, M.Pd., selaku Pembimbing utama Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, nasihat, semangat mengarahkan dan meluangkan waktunya kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini..

5. Dian Kresnadipayana, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing pendamping Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, nasihat, semangat mengarahkan dan meluangkan waktunya kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak dan Ibu tim penguji Tugas Akhir yang telah menguji, memberikan saran-saran dan masukan kepada penulis.
7. Bapak dan Ibu dosen, kepala laboratorium dan kepala perpustakaan beserta staf karyawan karyawan Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Setia Budi Surakarta.
8. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan doa serta dukungannya hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
9. Sahabat-sahabat saya Riyul, Kibul, Liana yang saling menyemangati satu sama lain dan juga Finatan yang turut membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir.
10. Teman – teman D-IV Analis Kesehatan angkatan 2013.
11. Kepada semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, yang telah banyak memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan penyusunan tugas akhir ini masih ada kekurangan. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk perbaikan penulisan dimasa yang akan datang. Kesalahan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah kekurangan penulis.

Demikianlah yang bisa penulis sampaikan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan bagi pembaca dalam meningkatkan ilmu pengetahuan.

Surakarta, 30 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Tinjauan Pustaka	7
1. Bekatul.....	7
a. Morfologi Bekatul.....	7
b. Kandungan Bekatul	8
c. Manfaat Bekatul.....	9
2. Minyak.....	10
a. Definisi Minyak	10
b. Klasifikasi Minyak.....	12
1. Berdasarkan Kejenuhan	12
2. Berdasarkan Sumber	14
3. Berdasarkan Sifat Fisik	14
4. Berdasarkan Kegunaan	15
c. Kegunaan Minyak dan Lemak	16

d. Minyak Goreng	16
e. Sifat-Sifat Minyak.....	18
1. Sifat Fisik	18
2. Sifat Kimia	21
f. Kerusakan Minyak	22
g. Perubahan Kimia dalam Lemak dan Minyak	24
h. Penentuan Kualitas Minyak	25
i. Penentuan Bilangan Peroksida Metode Iodometri	28
j. Penentuan Asam Lemak Bebas Metode Alkalimetri.....	29
3. Antioksidan.....	29
a. Definisi Antioksidan	29
b. Klasifikasi Antioksidan	30
1. Berdasarkan Sumber	30
2. Berdasarkan Mekanisme Kerja	31
3. Berdasarkan Cincin Benzena	32
c. Mekanisme Kerja Antioksidan	33
B. Landasan Teori	34
BAB III METODE PENELITIAN	36
A. Waktu dan Tempat Penelitian	36
B. Populasi dan Sampel.....	36
C. Variabel Penelitian	36
1. Identifikasi Variabel Utama	36
2. Klasifikasi Variabel Utama	37
3. Definisi Operasional.....	37
D. Bahan dan Alat	38
1. Bahan.....	38
2. Alat	38
E. Prosedur Penelitian	38
1. Teknik Sampling	38
2. Proses Penggorengan.....	39
3. Preparasi Sampel	39
4. Perlakuan Sampel	40
5. Penentuan Bilangan Peroksida	40
6. Penentuan Asam Lemak Bebas	42
F. Teknik Analisa Data	43
G. Diagram Blok Cara Kerja.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHSAN	45
A. Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida....	45
1. Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas.....	47
2. Penetapan Kadar Bilangan Peroksida.....	52
3. Uji Statistik.....	56
a. Uji Normalitas.....	56

b. Uji Anova Dua Jalan (<i>Two way annova</i>).....	57
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	60
A. Kesimpulan_.....	60
B. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	<u>61</u>
<u>LAMPIRAN.....</u>	<u>64</u>

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram Blok Cara Kerja Penentuan Kadar Bilangan Peroksida dan Asam Lemak Bebas	44
Gambar 2. Rata-rata Kadar Asam Lemak Bebas	47
Gambar 3. Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas	49
Gambar 4. Rata-rata Kadar Bilangan Peroksida	53
Gambar 5. Penurunan Kadar Bilangan Peroksida	54
Gambar 6. Bekatul	93
Gambar 7. Proses Pengadukan	93
Gambar 8. Proses Penyaringan	93
Gambar 9. Minyak Goreng Curah Sebelum Penggorengan	94
Gambar 10. Minyak Goreng Curah Sesudah 3x Penggorengan	94
Gambar 11. Hasil Proses Penyaringan	95
Gambar 12. Titik Akhir Titrasi Asam Lemak Bebas	96
Gambar 13. Titik Akhir Titrasi Bilangan Peroksida	96

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kandungan Kimia per 100 gram pada Berbagai Jenis Bekatul	8
Tabel 2. Kandungan Zat Mikro pada Bekatul	9
Tabel 3. Asam Lemak Jenuh	12
Tabel 4. Asam Lemak Tak Jenuh	13
Tabel 5. Klasifikasi Lemak dan Minyak Berdasarkan Sumbernya	14
Tabel 6. Klasifikasi Minyak dan Lemak pada Minyak Nabati	14
Tabel 7. Klasifikasi Minyak dan Lemak pada Minyak Hewani	15
Tabel 8. Klasifikasi Minyak dan Lemak Berdasarkan Kegunaannya	15
Tabel 9. Syarat Mutu Minyak Goreng	17
Tabel 10. Syarat Mutu Minyak Goreng Kelapa Sawit	18
Tabel 11. Hasil perhitungan kadar asam lemak bebas sebelum dan sesudah penggorengan	46
Tabel 12. Data Kuantitatif Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas	46
Tabel 13. Persentase Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas	50
Tabel 14. Hasil Perhitungan Kadar Bilangan Peroksida Sebelum dan Sesudah Penggorengan	51
Tabel 15. Data Kuantitatif Penurunan Kadar Bilangan Peroksida	51
Tabel 16. Persentase Penurunan Kadar Bilangan Peroksida	55
Tabel 17. Uji Normalitas Asam Lemak Bebas (<i>One-Sample Kolmogrov Smirnov Test</i>)	56
Tabel 18. Uji Normalitas Bilangan Peroksida (<i>One-Sample Kolmogrov Smirnov Test</i>)	56
Tabel 19. Uji <i>Two Way Annova</i> Kadar Asam Lemak Bebas	57
Tabel 20. Uji <i>Two Way Annova</i> Kadar Bilangan Peroksida	58

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Proses Pembuatan Reagen	64
Lampiran 2. Data Penimbangan	68
Lampiran 3. Data Standarisasi	71
Lampiran 4. Data Titrasi	72
Lampiran 5. Uji Statistik	85
Lampiran 6. Daftar Gambar	93

INTISARI

Muhammad Fi Achsani Taqwim. 2017. Pengaruh Penambahan Bekatul Terhadap Penurunan Bilangan Peroksida dan Asam Lemak Bebas Pada Minyak Goreng Curah Penggorengan Berulang. Program Studi D-IV Analisis Kesehatan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Setia Budi Surakarta.

Minyak goreng mengalami kerusakan karena pemanasan berulang kali menghasilkan peroksida dan asam lemak bebas. Penambahan sumber antioksidan seperti bekatul dapat menghambat oksidasi pada minyak goreng. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan bekatul terhadap penurunan bilangan peroksida dan asam lemak bebas minyak goreng curah penggorengan berulang.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dengan 3 perlakuan terhadap minyak (penggorengan pertama, kedua, dan ketiga). Pada penelitian ini menggunakan 2 variabel utama yaitu variasi penambahan bekatul 5%, 10%, dan 15% dan variasi lama waktu pengadukan 30, 60, dan 90 menit, sedangkan variabel terikat dari penelitian ini kadar bilangan peroksida dan asam lemak bebas. Penentuan kadar bilangan peroksida dengan titrasi Iodometri dan asam lemak bebas dengan alkalimetri

Kadar bilangan peroksida dan asam lemak bebas dari minyak goreng yaitu 0,72% dan 14,01 mek O₂/kg. Hasil penelitian penurunan bilangan peroksida dan asam lemak bebas dengan variasi konsentrasi bekatul 5%, 10%, 15% dengan lama waktu pengadukan 30 menit berturut-turut yaitu 11,52 mek O₂/kg; 9,43 mek O₂/kg; 8,38 mek O₂/kg dan 0,62%; 0,50%; 0,38%, dengan lama waktu pengadukan 60 menit berturut-turut yaitu 10,88 mek O₂/kg; 8,99 mek O₂/kg; 7,35 mek O₂/kg dan 0,61%; 0,49%; 0,36%, dengan pengadukan 90 menit yaitu 10,11 mek O₂/kg; 8,21 mek O₂/kg; 6,76 mek O₂/kg dan 0,59%; 0,47%; 0,34%. Hasil menunjukkan penurunan bilangan peroksida dan asam lemak bebas paling maksimal pada variasi penambahan bekatul 15% dengan lama waktu waktu pengadukan selama 90 menit berturut - turut yaitu 6,76 mek O₂/kg dan 0,34%

Kata Kunci: *Bilangan Peroksida, Asam Lemak Bebas, Bekatul, Minyak Goreng*

ABSTRACT

Taqwim M.F.A. 2017. The Effect of Bran Addition on the Reduction of Peroxide Numbers and Free Fat Acid in Cooking Oil with repeatedly processing cook. Study Program D-IV Health Analyst, Faculty of Health Sciences, Setia Budi University Surakarta.

The damage of the cooking oil because of heating repeatedly produces peroxides and free fat acid. The addition of antioxidant sources such as bran can inhibit oxidation in cooking oil. The purpose of this study was to determine the effect of the addition of bran to the decrease of peroxide number and fatty acid free of recycled bulk cooking oil.

This research was conducted experiment method with 3 treatment to oil (first, second, and third frying). In this research, 2 main variables were variation of 5%, 10%, and 15% bran grain addition and 30, 60, and 90 minute stirring time variation, while the dependent variable of this study were peroxide and free fat acid. Determination of levels of peroxide numbers with Iodometri titration and free fa acid with alkalimetry

The levels of peroxide and fatty acid free from cooking oil are 0, 72% and 14.01 m² O₂/kg. The result of the research was decrease of peroxide number and free fat acid with variation of bran concentration 5%, 10%, 15% with duration of stirring 30 minutes in a row consecutive is 11,52 mek O₂/kg; 9.43 mek O₂/kg; 8.38 mek O₂/kg and 0.62%; 0.50%; 0.38%, with 60 minutes continuous stirring time of 10.88 mek O₂/kg; 8,99 mek O₂/kg; 7.35 mek O₂/kg and 0.61%; 0.49%; 0.36%, with stirring 90 minutes consecutive is 10.11 mek O₂/kg; 8,21 mek O₂/kg; 6.76 mek O₂/kg and 0.59%; 0.47%; 0.34%. The results showed the maximum decrease of peroxide and fat free acids in variation of bran 15% addition with duration of stirring time for 90 minutes, consecutive is 6.76 mek O₂/kg and 0.34%

Keyword: Peroxide numbers, free fatty acids, bran, cooking oil

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perdagangan minyak di dunia sangat melimpah dan terus mengalami peningkatan setiap tahun. Indonesia masih tercatat sebagai produsen minyak terbesar di dunia, dengan jumlah produksi mencapai 17,10 juta ton minyak. Tahun 2017 Indonesia mengalami peningkatan produksi minyak kelapa sawit dan mengungguli Malaysia. Peningkatan produksi minyak menunjukkan bahwa Indonesia telah menguasai pasar minyak kelapa sawit dunia dan menggeser posisi Malaysia yang selama ini menjadi *Market Leader*. Pada tahun 2005 konsumsi minyak goreng di Indonesia mencapai 6 juta ton, dan sebanyak 83,3% terdiri dari minyak goreng sawit dan sisanya terdiri dari minyak goreng kelapa (World G, 2011).

Minyak goreng menjadi salah satu dari sembilan bahan pokok di Indonesia. Sebagai salah satu dari kebutuhan pokok, minyak goreng selalu tersedia di rumah tangga. Minyak mempunyai sebagai pengahantar panas, menambah rasa gurih, dan menambah nilai kalori dalam bahan pangan saat proses penggorengan (Marsigit dkk, 2011).

Minyak goreng curah didistribusikan dalam bentuk tanpa kemasan yang berarti bahwa minyak goreng curah sebelum digunakan telah banyak terpapar oksigen. Penggunaan minyak goreng dalam praktek penggorengan di rumah tangga maupun pedagang kecil dilakukan secara berulang-ulang, hal tersebut

sangat memungkinkan terjadinya oksidasi yang lebih tinggi (Aminah dan Isworo T.J, 2009). Penyebab penggunaan minyak goreng bekas pada masyarakat dikarenakan harga minyak goreng yang tinggi di pasaran (Amalia dkk, 2010).

Kebutuhan masyarakat terhadap penggunaan minyak goreng masih bisa terpenuhi oleh produsen minyak. Keadaan masyarakat Indonesia dalam tingkat ekonomi yang berbeda menimbulkan berbagai penyimpangan. Penyimpangan yang sering dilakukan oleh masyarakat dalam penggunaan minyak goreng adalah menggunakan minyak tersebut berulang kali. Minyak goreng yang sering digunakan menyebabkan warna dari minyak tersebut menjadi coklat tua sampai hitam. Minyak goreng yang digunakan secara berulang akan menghasilkan gugus peroksida dan monomer siklik dan akan menimbulkan efek negatif apabila dikonsumsi (Tambaria, 2004).

Ketaren (2012) mengatakan bahwa, terjadi bermacam - macam reaksi selama proses penggorengan seperti reaksi oksidasi, hidrolisis, polimerisasi, dan reaksi dengan logam yang menyebabkan minyak menjadi rusak. Kerusakan tersebut mengakibatkan minyak menjadi sedikit berwarna coklat, lebih kental, bebusa, berasap, serta meninggalkan aroma yang kurang sedap pada makanan hasil penggorengan. Perubahan yang terjadi akibat pemanasan tersebut antara lain disebabkan oleh terbentuknya senyawa yang bersifat toksik dalam bentuk hidrokarbon, asam lemak hidroksi, epoksida, senyawa siklik, dan senyawa polimer. Senyawa yang terbentuk di dalam minyak tersebut ditransfer dari bahan makanan yang digoreng selama penggorengan. Beberapa komponen yang masuk ke dalam makanan dapat menurunkan daya terima konsumen dan memberikan

dampak yang merugikan bagi kesehatan (Galeone, *et al.*, 2006). Maka dari itu minyak goreng bekas atau jelantah menjadi limbah rumah tangga maupun industri penggorengan yang akan mencemari lingkungan apabila tidak didaur ulang (Wati dkk, 2016).

Ketengikan pada minyak goreng dapat dihambat dengan pemberian zat antioksidan. Terdapat 2 macam zat antioksidan yang sudah banyak digunakan yaitu alami dan sintetik. Panagan (2011) mengatakan, penggunaan antioksidan sintetik seperti *Butylated Hydroxyanisole* (BHA) dan *Butylated Hydroxytoluene* (BHT) dapat memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia seperti gangguan fungsi hati, paru, mukosa usus, dan keracunan. Antioksidan alami lebih aman untuk kesehatan dibanding antioksidan sintetik.

Antioksidan alami memiliki keunggulan daripada antioksidan sintetik dimana antioksidan alami lebih aman ketika dikonsumsi dan dapat menghambat reaksi kimia dapat yang merusak makromolekul (Ayucitra, *et al.*, 2011). Antioksidan alami dapat diperoleh dari bahan alam seperti tokoferol, vitamin c, polifenol, indol, monoterpan, katekin, flavonoid, dan karotenoida (Pokorni, *et al.*, 2001).

Bekatul (*rice bran*) adalah bagian luar beras yang terlepas menjadi serbuk halus pada saat proses penggilingan padi menjadi beras. Lapisan tersebut kaya akan komponen bioaktif pangan, beberapa di antaranya adalah tokoferol, γ -oryzanol dan β -karoten. Tokoferol, γ -oryzanol dan β -karoten merupakan golongan antioksidan non polar yang berfungsi menghambat proses peroksidasi lemak dan mencegah stres oksidatif (Damayanthi *et al.*, 2013).

Ketersediaan bekatul sebagai sumber antioksidan cukup tinggi. Pada tahun 2006, Indonesia merupakan negara terbesar ketiga yang memproduksi padi yaitu sebesar 8,8%. Proses penggilingan padi akan memperoleh rendemen beras 57-60%, sekam 18-20%, dan bekatul 8-10%. Produksi beras pada 2009 mencapai 878,764 juta ton, maka bekatul yang dihasilkan sekitar 87,87 juta ton (Iriyani, 2011).

Jumlah produksi padi yang tinggi mengakibatkan bertambahnya hasil sisa dari penggilingan padi menjadi beras. Proses penggilingan padi menghasilkan produk samping berupa menir, sekam, dan dedak. Menir atau beras pecah bisa dimanfaatkan menjadi tepung sebagai bahan pembuatan kue dan jenis makanan lainnya. Sekam dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar atau kompos. Dedak dan bekatul hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Jumlah bekatul yang sangat melimpah perlu dioptimalkan dalam pemanfaatannya (Putri, 2013).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arpi (2014) menyimpulkan bahwa, antioksidan alami alfa tokoferol (0,02%) dapat menghambat proses oksidasi lemak dan ketengikan pada kelapa gongseng giling sampai penyimpanan 2 bulan. Menurut Wresdiyati, *et al* (2007), pemberian alfa tokoferol dapat mengatasi profil superoksida dismutase dan malondialdehid pada jaringan hati tikus pada kondisi stress. Pemberian alfa tokoferol baik secara preventif maupun kuratif berhasil mempertahankan aktifitas SOD dan kandungan Cu, Zn-SOD, serat kadar MDA.

Potensi bekatul sebagai sumber antioksidan telah dilakukan dalam penelitian oleh Susanto (2011) bahwa, pemberian bekatul baik bekatul merah

maupun bekatul putih dari formulasi 10%, 20%, dan 30% mampu meningkatkan aktivitas antioksidan pada selai kacang.

Berdasarkan uraian diatas dan dari hasil penelitian sebelumnya, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai “Pengaruh penambahan bekatul terhadap penurunan angka peroksida dan bilangan asam pada minyak jelantah”

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas dapat diambil suatu perumusan masalah :

1. Apakah penambahan bekatul mampu menurunkan angka peroksida dan asam lemak bebas pada minyak goreng curah yang digunakan penggorengan berulang?
2. Berapakah konsentrasi dan lama waktu pengadukan didapatkan penurunan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida yang paling optimal ?
3. Apakah ada perbedaan nyata antara konsentrasi bekatul dengan lama waktu pengadukan terhadap kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida ?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui bahwa penambahan bekatul mampu menurunkan angka peroksida dan asam lemak bebas pada minyak goreng curah yang digunakan penggorengan berulang.

2. Mengetahui penurunan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida paling optimal dari konsentrasi 5%, 10%, 15% dan lama waktu pengadukan 30, 60, 90 menit.
3. Mengetahui perbedaan nyata antara konsentrasi bekatul dengan lama waktu pengadukan.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini, yaitu :

1. Bagi Masyarakat
 - a. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang pemanfaatan bekatul untuk meningkatkan kualitas minyak goreng curah.
 - b. Meningkatkan nilai bekatul selain hanya sebagai campuran pakan ternak di mata masyarakat.
2. Bagi Penulis
 - a. Menambah referensi tentang pengolahan minyak sisa penggorengan dengan memanfaatkan bekatul.
 - b. Sebagai sumber informasi ilmiah mengenai pengaruh penambahan bekatul untuk menurunkan bilangan peroksida dan asam lemak bebas pada minyak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Bekatul

a. Morfologi Bekatul

Bekatul merupakan bagian terluar bulir beras yang terbungkus oleh sekam padi. Bekatul diperoleh dari hasil samping proses penggilingan atau penumbukan padi menjadi beras. Pada proses tersebut, terjadi pemisahan endosperma beras (yang biasanya diolah menjadi nasi) dengan bekatul yang merupakan lapisan yang menyelimuti endosperma. Proses penggilingan padi mempunyai tujuan untuk menghilangkan sekamnya sehingga diperoleh beras pecah kulit (*brown rice*) (Astawan, 2009).

FAO (*Food Association Organization*), membuat pengertian yang berbeda antara dedak dan bekatul. Dedak merupakan hasil sampingan dari proses penggilingan padi yang terdiri dari lapisan sebelah luar butiran beras, sedangkan bekatul adalah lapisan sebelah dalam dari butiran beras (lapisan aleuron/kulit ari) dan sebagian kecil endosperm. Dengan kata lain, dalam proses penggilingan padi dedak merupakan hasil penyosohan pertama dan bekatul merupakan hasil penyosohan kedua (Astawan, 2009).

b. Kandungan Bekatul

Bekatul memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi dan dapat memenuhi asupan nutrisi yang diperlukan oleh tubuh. Zat gizi yang

terkandung dalam bekatul terbukti lebih baik dibandingkan dengan beras putih yang selama ini dikonsumsi oleh manusia. Bekatul kaya akan vitamin B kompleks, vitamin E, *asam lemak esensial*, serat pangan, protein, *oryzanol*, *asam ferulat*, dan *senyawa fotokimia* yang dapat memberikan fungsi-fungsi fisiologis dalam pencegahan penyakit degeneratif (Kahlon *et al*, 1996).

Komponen lain yang terkandung di dalam bekatul adalah senyawa tokoferol (tokoferol dan tokotrienol). Kandungan kimia lain pada berbagai jenis bekatul dapat dilihat pada Tabel 1. Tokoferol merupakan vitamin E yang bersifat antioksidan yang kuat. Tokoferol adalah suatu antioksidan yang efektif, yang dengan mudah menyumbangkan atom hidrogen pada gugus hidroksil (OH) dari struktur cincin radikal bebas sehingga radikal bebas menjadi tidak reaktif (Parakksi, 1990). Senyawa lain selain tokoferol yang ada pada bekatul ialah senyawa *pagamic acid* (vitamin B15 dan oryzanol). Kedua senyawa tersebut mampu menurunkan kadar kolesterol dalam darah, mencegah terjadinya kanker, dan memperlancar sekresi hormonal (Kahlon *et al*, 1996).

Tabel 1. Kandungan Kimia per 100 gram Pada Berbagai Jenis Bekatul

Komponen Kimia	Bekatul Beras	Bekatul Gandum	Bekatul Gandum Hitam (<i>Rye</i>)
Protein (g)	11,80 – 13,0	14,5 – 15,7	14,6
Lemak (g)	10,1 – 12,4	2,9 – 4,3	2,6
Serat kasar (g)	2,3 – 3,2	6,8 – 10,4	6,6
Karbohidrat (g)	51,5 – 55,0	50,7 – 59,2	58,0
Kalsium (g)	500 – 700	1200 – 1300	900 – 1200
Magnesium (g)	600 – 700	560	-
Fosfor (g)	1000 – 2200	900 – 1300	720 – 1050

Seng (g)	1,7	10,5	5,6
Vitamin B1 (g)	0,3 – 1,9	5,4 – 7,0	2,5
Vitamin B2 (g)	0,17 – 0,24	0,24 – 0,28	0,05
Niasin (g)	22,4 – 38,9	18,10 – 55,00	22,60

(Sumber : Astawan, 2009) komponen zat gizi makro tetapi juga

memiliki zat gizi mikro. Komponen zat mikro yang terkandung dalam bekatul dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Zat Mikro pada Bekatul Beras

Komponen Kandungan Bekatul	Kadar (ppm)
Gamma oryzanol	2200 - 3000
Tokoferol	220 - 320
Tokotrienol	220 - 320
Fitosterol	2230 - 4400
Karotenoid	0,9 - 1,6
Vitamin A	0,9 - 1,6
Vitamin C	Sangat sedikit

(Sumber: Helal, 2005)

c. Manfaat Bekatul

Secara spesifik menurut Astawan (2009), manfaat dari mengkonsumsi bekatul antara lain adalah :

1) Serat pangan pelancar pencernaan

Serat dalam sayur, buah, dan biji-bijian tidak dapat dipecah oleh enzim tubuh sehingga sekresi hormonal dalam tubuh tidak dapat berlangsung dengan baik. *Dietary fiber* dalam bekatul yang tidak larut serta mudah dipecah oleh enzim akan meningkatkan berat dan frekuensi feses serta melembutkan saat melewati kolon, sehingga proses pencernaan dan pembuangan racun dalam tubuh manusia dapat berjalan dengan optimal.

2) Antioksidan Pencegah Pembentukan Radikal Bebas

Bekatul mengandung vitamin E, vitamin B15, dan *oryzanol* yang berfungsi sebagai antioksidan. Komponen ini memiliki sifat memicu pertumbuhan manusia, membantu sirkulasi darah dan memicu sekresi hormonal.

3) *Pagamic Acid* (Vitamin B15) Sebagai *Detoksifikasi*

Pagamic acid mempunyai fungsi sebagai donor metal, yang membantu pembentukan asam amino tertentu seperti metionin. Zat ini berperan dalam oksidasi glukosa, respirasi sel, sehingga berfungsi mengurangi *hipoksia* (kekurangan oksigen) di otot jantung serta otot lain. *Pagamic acid* juga membantu memberikan stimulasi iringan ke endokrin dan sistem saraf pusat serta meningkatkan fungsi hati dalam pengeluaran racun.

2. Minyak

a. Definisi Minyak

Minyak dan lemak merupakan salah satu zat pangan yang mempunyai peran dalam kesehatan. Minyak dan lemak merupakan cadangan yang lebih mudah diubah menjadi energi dibanding protein maupun karbohidrat. Satu gram minyak atau lemak mampu menghasilkan energi sebesar 9 kkal, sedangkan karbohidrat dan protein hanya menghasilkan 4 kkal/gram. Minyak atau lemak, khususnya minyak nabati, mengandung asam-asam lemak esensial seperti linoleat, lenolenat, dan

arakidonat yang mampu mencegah terjadinya penyempitan pembuluh darah akibat kolesterol. Minyak dan lemak juga berfungsi sebagai sumber dan pelarut bagi vitamin-vitamin A, D, E, dan K (Winarno, 2004).

Minyak dan lemak masuk dalam salah satu golongan lipid netral. Lipid diklasifikasikan menjadi 4 golongan yaitu : lipid netral, fosfolipida, spingolipid, dan glikolipid. Berbagai jenis lipid banyak tersedia di alam. Lemak dan minyak merupakan trigliserida campuran yang berasal dari ester gliserol dan asam lemak rantai panjang. Minyak nabati dapat berasal dari buah-buahan, kacang-kacangan, biji-bijian, akar tanaman dan sayur-sayuran. Sedangkan minyak hewani bisa didapat dari adipose dan sumsum tulang hewan. Hasil hidrolisis minyak menghasilkan 1 molekul gliserol dan 3 molekul asam lemak rantai panjang (Ketaren, 2012)

Minyak maupun lemak dapat berwujud apapun sesuai dengan penyusunnya. Minyak nabati memiliki kandungan asam lemak tidak jenuh yang tinggi seperti asam oleat, linoleat, asam linoleat dan titik cair yang rendah sehingga menjadikan berbentuk cair. Lemak hewani pada umumnya berbentuk suhu kamar karena mengandung asam lemak jenuh, misalnya asam palmitat dan stearat yang mempunyai titik cair lebih tinggi. Minyak dan lemak tidak berbeda dalam bentuk umum trigliseridanya dan hanya berbeda dalam bentuk (wujud). Minyak merupakan wujud padat pada suhu kamar (Ketaren, 2012).

Penambahan lemak dan minyak ke dalam bahan pangan memiliki tujuan tertentu salah satunya untuk mengolah pangan. Lemak dan minyak

berfungsi sebagai media penghantar panas pada saat proses pengolahan bahan pangan contohnya minyak goreng. Penambahan lemak juga mempengaruhi hasil dari bahan pangan (Winarno, 2004)

b. Klasifikasi Minyak

Minyak dapat dibedakan berdasarkan beberapa golongan, yaitu :

1) Berdasarkan Kejenuhan :

a) Asam Lemak Jenuh

Asam lemak jenuh merupakan asam dengan rangkaian atom hidrogen dan atom karbon dalam ikatan tunggal. Asam lemak bebas memiliki atom hidrogen lebih banyak dibanding dengan jumlah atom karbonnya. Rumus molekul dan sumber asal dari asam lemak dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.Asam Lemak Jenuh

Jenis Asam	Rumus Molekul	Sumber Asal
n-Butirat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	Minyak ikan lumba-lumba, dan purpoise
n-Kaporat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	Mentega, minyak kelapa, minyak kelapa sawit
Laurat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COO}$	Susu, spermaseti, minyak laural, minyak kelapa

(Sumber : Ketaren, 2012)

b) Asam Lemak Jenuh

Asam lemak tak jenuh merupakan asam lemak yang mengandung satu ikatan rangkap (*Monounsaturated Fatty Acid*) pada rantai hidrokarbonnya dan asam lemak dengan dua atau lebih

ikatan rangkap, terutama pada minyak nabatai, minyak ini disebut *Polyunsaturated*. Asam lemak tak jenuh ganda (*Polysaturated Fatty Acid*) banyak ditemukan dalam minyak jagung, minyak kacang kedelai dan bunga matahari (Tuminah, 2009). Rumus molekul dan sumber asal dari asam lemak dapat dilihat pada Tabel 4.

Asam lemak tak jenuh bersifat essensial atau tidak diproduksi didalam tubuh dan hanya bisa diperoleh dari asupan luar. Tubuh biasa mendapatkan asupan asam lemak jenuh dari sumber nabati seperti minyak goreng (Ketaren, 2012).

Tabel 4. Asam Lemak Tak Jenuh

Jenis Asam	Rumus Molekul	Sumber Asal
Oleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Terdapat pada sebagian besar lemak dan minyak
Linoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Minyak biji kapas, minyak biji lin, biji poppy
Linolenat	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Minyak perila, biji lin

(Sumber : Ketaren, 2012)

Komposisi atau jenis asam lemak dan sifat fisiko-kimia pada tiap-tiap jenis minyak berda-beda. Perbedaan tersebut disebabkan karena adanya perbedaan sumber, iklim, kondisi tempat tumbuh, dan cara pengolahan.

2) Berdasarkan Sumber.

Klasifikasi lemak dan minyak ditinjau berdasarkan sumbernya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Lemak dan Minyak Berdasarkan Sumber

Sumber	Keterangan
Bersumber dari hewan (minyak hewani)	<ul style="list-style-type: none"> - Susu hewan peliharaan : lemak susu - Daging hewan peliharaan : lemak sapi dan turunannya oleostearin, oleo oil, dari oleo stock, lemak babi, dan mutton tallow - Hasil laut : minyak ikan sarden, menhaden, atau sejenisnya, serta minyak ikan paus
Bersumber dari tanaman (minyak nabati)	<ul style="list-style-type: none"> - Biji-bijian palawija : minyak jagung, biji kapas, kacang, rape seed, wijen kedelai, dan bunga matahari. - Kulit buah tanaman : minyak zaitun dan minyak kelapa sawit - Biji-bijian dari tanaman tahunan : kelapa, coklat inti sawit, babassu, cohune dan sebagainya.

(Sumber : Ketaren, 2012)

3) Berdasarkan sifat fisik (sifat mengering atau cair)

Berdasarkan sifat fisik lemak atau minyak dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi Minyak dan Lemak pada Minyak Nabati

Kelompok lemak	Jenis lemak/minyak
Lemak (berwujud padat)	Lemak biji coklat, inti sawit, <i>cohune</i> , <i>babassu</i> , tengkawang, <i>numeg butter</i>
Minyak (berwujud cair)	Minyak zaitun, kelapa, kacang tanah
- Tidak mengering (<i>non drying oil</i>)	Minyak biji kapas, kapok, biji jagung, gandum, biji matahari
- Setengah mengering (<i>semi drying oil</i>)	Minyak kacang kedelai, minyak biji karet, candle nut
- Mengering (<i>drying oil</i>)	

(Sumber : Ketaren, 2012).

Minyak mongering atau *drying oil* adalah jenis minyak yang mempunyai sifat dapat mengering saat terkena oksidasi. Minyak tersebut akan berubah menjadi lapisan tebal, bersifat kental dan membentuk sejenis selaput jika dibiarkan diudara terbuka. Klasifikasi minyak dan lemak hewani dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Klasifikasi Minyak dan Lemak pada Minyak Hewani

Kelompok lemak	Jenis lemak/minyak
Lemak (padat) <ul style="list-style-type: none"> - Lemak susu (<i>butter fat</i>) - Hewan peliharaan 	Lemak susu sapi, kerbau, kambing, dan domba Lemak babi, skin <i>grease</i> , lemak tulang
Minyak (cair) <ul style="list-style-type: none"> - Hewan peliharaan - Ikan (<i>fish oil</i>) 	Minyak <i>neats foot</i> Minyak ikan paus, salmon, sarden, lumba-lumba

(Sumber : Ketaren, 2012)

4) Berdasarkan Kegunaan

Minyak mempunyai kegunaan lain selain untuk menggoreng yang dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8. Klasifikasi Minyak dan Lemak Berdasarkan Kegunaanya

Kelompok minyak	Kegunaan
Minyak mineral (minyak bumi) Minyak nabati/hewani (minyak lemak)	Seagai bahan bakar Bahan makan bagi manusia
Minyak atsiri	Untuk obat-obatan, minyak ini mudah menguap

(Sumber : Ketaren, 2012)

c. Kegunaan Minyak dan Lemak

Minyak goreng dapat digunakan sebagai medium penggoreng bahan pangan. Bahan pangan digoreng merupakan sebagian besar dari menu manusia. Dalam penggorengan, minyak goreng berfungsi sebagai medium penghantar panas, menambah rasa gurih, menambah nilai gizi dan kalori dalam bahan makanan (Ketaren, 2012)

Sifat fisik minyak goreng yang mempunyai titik didih kurang dari 200°C dapat digunakan sebagai penghantar panas yang baik. Minyak goreng dapat menambah cita rasa pada bahan pangan yang digoreng. Minyak goreng juga dapat memberikan energi sekitar 9 kalori tiap gram lemak kedalam tubuh manusia (Winarno, 2004)

d. Minyak goreng

Minyak goreng tergolong kedalam bahan pangan yang mempunyai komposisi trigliserida berasal dari bahan nabati kecuali kelapa sawit, dengan atau tanpa perubahan kimiawi, termasuk hidrogenisasi, pendinginan dan telah melalui proses rafinasi atau pemurnian yang digunakan untuk menggoreng (BSNI, 2013). Minyak goreng mempunyai fungsi sebagai medium penghantar panas, panambah rasa gurih, menambah nilai gizi dan kalori dalam bahan pangan. Mutu minyak goreng ditentukan oleh titik asapnya, yaitu suhu pemanasan minyak sampai terbentuk akrolein yang tidak diinginkan dan dapat menimbulkan rasa gatal pada tenggorokan (Winarno, 2004).

Selama proses penggorengan terjadi reaksi hidrolisa, oksidasi, dan dekomposisi minyak yang dipengaruhi oleh bahan pangan yang digoreng dan kondisi penggorengan (Chatzilazarou, *et al.*, 2006). Reaksi hidrolisa yang terjadi pada minyak disebabkan oleh keluarnya kandungan air dari bahan makanan yang digoreng ke fraksi minyak (Siahaan, 2004).

Menurut Ketaren (2012), ketengikan (*rancidity*) merupakan indikator rusaknya minyak atau perubahan bau dan *flavor* pada minyak dikarenakan proses hidrolisis dan oksidasi. Penyebab kerusakan tersebut akibat proses pemanasan yang berulang dengan suhu tinggi dan waktu yang lama, sehingga menghasilkan senyawa polimer yang terbentuk didalam minyak. Syarat mutu minyak goreng dapat dilihat pada Tabel 9. Dan 10.

Tabel 9. Syarat Mutu Minyak Goreng

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
1.1	Bau	-	normal
1.2	Warna	-	normal
2	Kadar air dan bahan menguap	%(b/b)	maks. 0,15
3	Bilangan asam	mg KOH/g	maks. 0,6
4	Bilangan peroksida	mek O ₂ /kg	maks. 10
5	Minyak pelican	-	negatif
6	Asam linoleat (C18:3) dalam komposisi asam lemak	%	maks. 2
7	Cemaran logam		
7.1	Kadmium (Cd)	mg/kg	maks. 0,2
7.2	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 0,1
7.3	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40,0/250,0
7.4	Merkuri (Hg)	mg/kg	maks. 0,05
8	Cemaran arsen (As)	mg/kg	maks. 0,1

(Sumber : BSNI, 2013)

Tabel 10. Syarat Mutu Minyak Goreng Kelapa Sawit

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan Mutu
1.	Warna	-	Jingga kemerahan-merahan
2.	Kadar air dan kotoran	%, fraksi massa	0,5% maks
3.	Asam Lemak Bebas	%, fraksi massa	0,5% maks
4.	Bilangan iodium	g iodium/100g	50-55

Syarat mutu kadar asam lemak bebas sebagai presentase berat (b/b) dimana molekul asam lemak bebas tersebut dianggap sebesar 256 (sebagai asam palmitat) (Sumber: SNI 01-2901-2006).

e. Sifat – sifat Minyak

1) Sifat fisik

a) Warna, zat warna dalam minyak terdiri dari 2 golongan, yaitu :

(1) Zat warna alamiah

Zat warna ini terdapat secara alamiah didalam bahan yang mengandung minyak dan ikut terekstrak bersama minyak saat proses ekstraksi. Zat warna tersebut antara lain terdiri dari alfa dan beta karoten, xantofil, klorofil, dan antosianin. Zat warna ini menyebabkan minyak menjadi berwarna kuning, kuning kecoklatan, kehijau-hijauan dan kemerah-merahan.

(2) Warna akibat oksidasi dan degradasi komponen kimia dalam minyak.

- Warna gelap

Warna gelap disebabkan karena proses oksidasi. Warna gelap ini terjadi selama proses pengolahan dan penyimpanan

yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti, suhu pemanasan terlalu tinggi, pengepresan bahan minyak dengan tekanan yang terlalu tinggi, keberadaan logam seperti Fe, Cu dan Mn.

- Warna coklat

Pigmen coklat biasanya hanya terdapat pada minyak atau lemak yang berasal dari bahan yang telah busuk atau memar. Warna coklat juga dapat terjadi karena reaksi molekul karbohidrat dengan gugus pereduksi seperti aldehid serta gugus amin dari molekul protein dan yang disebabkan karena aktifitas enzim, seperti phenol oxidase dan polyphenol oxidase.

- b) Bau amis (*fishy flavor*) dalam minyak dan lemak disebabkan oleh terbentuknya trimetil-amin dari lesitin yang teroksidasi.
- c) Bau dan *flavor* pada minyak atau lemak selain terdapat secara alami juga terjadi karena pembentukan asam-asam yang berantai sangat pendek sehingga hasil penguraian pada kerusakan minyak atau lemak. Bau dan *flavor* pada umumnya disebabkan oleh komponen bukan minyak.
- d) Minyak dan lemak tidak larut dalam air, kecuali minyak jarak (*castor oil*). Minyak dan lemak hanya sedikit larut dalam alkohol, tetapi akan larut sempurna dalam etil eter, karbon disulfide dan pelarut halogen. Ketiga jenis pelarut ini memiliki sifat non polar

sebagaimana halnya minyak dan lemak netral. Kelarutan dari minyak dan lemak ini dipergunakan sebagai dasar untuk mengekstraksi minyak atau lemak dari bahan yang diduga mengandung minyak. Asam-asam lemak yang berantai pendek dapat larut dalam air, semakin panjang rantai asam-asam lemak maka kelarutan minyak didalam air semakin berkurang.

- e) Asam lemak tidak memperlihatkan kenaikan titik cair yang linier dengan bertambah panjangnya rantai atom karbon. Asam lemak dengan ikatan *trans* mempunyai titik cair yang lebih tinggi daripada isomer asam lemak yang berikatan *cis*.
- f) Titik didih dari asam-asam lemak akan semakin meningkat dengan bertambah panjangnya rantai karbon asam lemak tersebut.
- g) Minyak yang mengandung asam lemak jenuh yang relative besar maka minyak atau lemak tersebut mempunyai titik cair yang tinggi.
- h) Indeks bisa akan meningkat pada minyak atau lemak dengan rantai karbon yang panjang dan terdapat sejumlah ikatan rangkap. Nilai indeks bias dari asam lemak akan bertambah dengan meningkatnya bobot molekul, selain dengan naiknya derajat ketidakjenuhan dari asam lemak. Indeks bias pada minyak dan lemak dipakai pada pengenalan unsur kimia dan untuk pengujian kemurnian minyak.
- i) Titik asap, titik nyala, titik api adalah kriteria penting dalam hubungannya dengan minyak yang digunakan untuk menggoreng.

- j) Titik kekeruhan ditetapkan dengan cara mendinginkan campuran minyak atau lemak dengan pelarut lemak. Temperatur pada waktu mulai terjadi kekeruhan, disebut titik kekeruhan (Ketaren, 2012)

2) Sifat Kimia

a) Hidrolisis

Reaksi hidrolisis mengubah minyak atau lemak menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisis dapat mengakibatkan kerusakan minyak atau lemak karena adanya air didalam minyak atau lemak tersebut sehingga mengakibatkan ketengikan hidrolisa yang menghasilkan *flavor* dan bau tengik pada minyak.

b) Oksidasi

Proses oksidasi terjadi adanya kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak atau lemak. Oksidasi dimulai dengan pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Asam-asma lemak kemudian terurai disertai konversi hidroperoksida menjadi aldehid dan keton serta asam-asam lemak bebas.

c) Hidrogenisasi

Proses hidrogenasi bertujuan untuk menjenuhkan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak atau lemak. Reaksi hidrogenasi dilakukan dengan menggunakan hidrogen murni dan ditambahkan serbuk nikel sebagai katalisator. Hasil dari

proses hidrogenasi adalah minyak yang bersifat plastis atau keras tergantung pada derajat kejenuhannya.

d) Esterifikasi

Esterifikasi bertujuan untuk mengubah asam-asam lemak dari trigliselida dalam bentuk ester. Dengan proses esterifikasi ini, hidrokarbon rantai pendek dalam asam lemak seperti asam butirat dan asam kaporat yang menyebabkan bau tidak enak, dapat ditukar dengan rantai panjang yang bersifat tidak menguap.

e) Pembentukan keton.

Keton dapat menghasilkan melalui penguraian dengan cara hidrolisa ester (Ketaren, 2012).

f. Kerusakan Minyak

Kerusakan minyak selama penggorengan akan mempengaruhi mutu nilai gizi bahan pangan yang digoreng. Minyak yang rusak akibat proses oksidasi dan polimerasi akan menghasilkan bahan dengan rupa yang kutang menarik dan cita rasa yang tidak enak, serta kerusakan sebagian vitamin dan asam lemak esensial yang terdapat dalam minyak.

Ketengikan (*rancidity*) merupakan kerusakan atau perubahan bau dan flavor dalam lemak atau bahan pangan berlemak. Kerusakan minyak dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu absorpsi bau oleh lemak, enzimatik, aksi mikroba, oksidasi oleh oksigen (Ketaren, 2012).

1) Absorpsi bau oleh lemak.

Pencemaran bahan pangan dengan kadar lemak tinggi oleh bau yang berasal dari bahan lain dikarenakan minyak dapat mengabsorpsi zat menguap yang dihasilkan dari bahan tersebut (Ketaren, 2012).

2) Kerusakan oleh enzim.

Enzim golongan lipase mampu menghidrolisis lemak netral (trigliserida). Sehingga menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol, tetapi enzim tersebut inaktif oleh panas. Tingginya asam lemak bebas yang dihasilkan menyebabkan minyak menjadi tengik dan rasa tidak enak (Ketaren, 2012).

3) Kerusakan oleh mikroba.

Dekomposisi lemak oleh mikroba hanya dapat terjadi jika terdapat air, senyawa nitrogen, dan garam mineral. Mikroba yang mengkontaminasi bahan pangan berlemak biasanya termasuk tipe mikroba nonpatologi. Mikroba menyebabkan perubahan warna dan cita rasa tidak enak (Ketaren, 2012).

4) Kerusakan oleh oksidasi.

Bentuk kerusakan lemak terutama ketengikan pada minyak peling penting disebabkan oleh oksigen udara. Oksidasi oleh oksigen terjadi secara spontan jika bahan yang mengandung lemak kontak dengan udara. Kecepatan oksidasi lemak dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu radiasi (panas dan cahaya), bahan pengoksidasi, katalis

metal, dan sistem oksidasi misalnya adanya katalis organik yang labil terhadap panas (Ketaren, 2012).

5) Pembentukan senyawa polimer.

Selama proses penggorengan terjadi reaksi polimerisasi adisi dari asam lemak tidak jenuh. Hal ini terbukti dengan terbentuknya bahan menyerupai *gum (gummy material)* yang mengendap di dasar ketel atau wadah menggoreng. Proses ini banyak terjadi pada minyak setengah kering atau minyak kering. Karena jenis minyak tersebut lebih banyak mengandung asam-asam lemak tidak jenuh dalam jumlah yang besar. Kerusakan lemak atau minyak akibat pemanasan dengan suhu tinggi antara 200-250⁰C akan mengakibatkan keracunan dalam tubuh dan berbagai macam penyakit, misalnya diare, pengendapan lemak dalam pembuluh darah (*arthero sclerosis*), kanker, dan menurunkan nilai cerna lemak (Ketaren, 2012).

g. Perubahan Kimia dalam Lemak dan Minyak

Perubahan kimia atau penguraian lemak dan minyak dapat mempengaruhi bau dan rasa suatu bahan makanan. Pada umumnya penguraian lemak dan minyak menghasilkan zat-zat yang tidak dapat dimakan. Kerusakan lemak maupun minyak dapat menurunkan nilai gizi serta menyebabkan penyimpangan rasa dan bau pada lemak yang bersangkutan (Winarno, 2004).

h. Penentuan Kualitas Minyak

Mutu minyak dan lemak ditentukan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang menentukan mutu minyak meliputi bilangan peroksida, kadar asam lemak bebas, bilangan iodium, bilangan penyabunan, kadar air dan viskositas.

1) Bilangan peroksida

Bilangan peroksida adalah nilai terpenting untuk menentukan derajat kerusakan pada minyak atau lemak. Asam lemak jenuh tidak dapat meningkatkan oksigen pada ikatan rangkapnya sehingga membentuk peroksida. Pengukuran bilangan peroksida pada dasarnya adalah mengukur kadar peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk pada tahap awal reaksi oksidasi lemak. Bilangan peroksida yang tinggi mengindikasikan lemak atau minyak sudah mengalami oksidasi, namun pada angka yang lebih rendah bukan berarti menunjukkan kondisi oksidasi yang masih dini. Bilangan peroksida rendah bisa disebabkan laju pembentukan peroksida baru lebih kecil dibandingkan dengan laju degradasinya menjadi senyawa lain, mengingat kadar peroksida cepat mengalami degradasi dan bereaksi dengan zat lain (Raharjo, 2006). Berbagai jenis minyak akan mengalami perubahan flavor dan bau sebelum terjadi proses ketengikan. Hal ini dikenal sebagai *reversion*. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perkembangan dari *reversion* ini adalah suhu, cahaya atau penyinaran, tersedianya oksigen, dan adanya logam-logam yang bersifat sebagai

katalisator pada proses oksidasi. Pada umumnya senyawa peroksida mengalami dekomposisi oleh panas, sehingga lemak yang telah dipanaskan hanya mengandung sejumlah kecil peroksida (Ketaren, 2012).

Cara yang sering digunakan untuk menentukan bilangan peroksida, berdasarkan pada reaksi antara alkali iodida dalam larutan asam dengan ikatan peroksida. Iod yang dibebaskan pada reaksi ini kemudian dititrasikan dengan natrium tiosulfat (Ketaren, 2012).

2) Bilangan Asam

Lemak yang masih terkandung didalam jaringan mengandung enzim yang mampu menghidrolisis lemak. Semua enzim termasuk lipase, mampu menghidrolisis lemak netral (trigliserida). Dalam organisme hidup, enzim pada umumnya berada dalam bentuk *zymogen* inaktif, sehingga lemak yang terdapat pada jaringan lemak tetap bersifat netral dan masih utuh. Dalam organ tertentu misalnya hati dan pankreas, kegiatan metabolisme cukup tinggi, sehingga menghasilkan sejumlah asam lemak bebas (Ketaren, 2012).

Menurut Agoes (2008), bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas dalam minyak dan dinyatakan dengan milligram basa per 1 gram minyak. Bilangan asam merupakan parameter penting dalam penentuan kualitas minyak. Bilangan asam

menunjukkan banyaknya asam lemak bebas di dalam minyak yang terbentuk dari proses hidrolisis pada saat pengolahan.

Lemak dengan kadar asam lemak bebas lebih dari satu persen akan menyebabkan bau tengik. Asam lemak bebas dalam jumlah kecil juga dapat menyebabkan rasa yang tidak lezat. Pada jenis minyak dengan jumlah atom karbon lebih dari 14 akan terdapat kadar asam lemak bebas yang lebih kecil dibanding dengan minyak yang mempunyai atom karbon kurang dari 14. Asam lemak bebas juga dapat menyebabkan karat dan warna gelap jika lemak dan minyak dipanaskan dalam wajan besi (Ketaren, 2012).

3) Bilangan Iodium

Angka iodium menunjukkan tingkat ketidakjenuhan pada asam lemak penyusun minyak. Asam lemak akan mengikat ion kemudian membentuk senyawa yang jenuh. Banyaknya iod yang diikat menunjukkan banyaknya ikatan rangkap. Bilangan iod adalah jumlah komponen iodium yang diabsorbsikan oleh 100 gram minyak (Ketaren, 2012).

4) Kadar Air

Kadar air Air dalam minyak sangat berpengaruh terhadap daya simpan minyak. Semakin banyak air yang dikandung dalam minyak, minyak semakin mudah rusak. Besarnya kadar air dalam minyak dapat ditentukan dengan cara pemanasan. Pada cara pemanasan minyak dipanaskan untuk menguapkan air. Pengurangan

berat minyak sebelum dan sesudah dipanaskan merupakan jumlah air yang diuapkan, apabila pada pemanasan berikutnya sudah tidak ada pengurangan berat lagi berarti air yang terdapat dalam minyak sudah habis, sehingga pengurangan jumlah tersebut menggambarkan jumlah air pada minyak (Ketaren, 2012).

5) Angka Penyabunan

Angka penyabunan adalah bilangan yang menunjukkan jumlah milligram KOH yang diperlukan untuk menyabunkan 1 gram minyak atau lemak. Angka penyabunan dapat ditentukan berdasarkan jumlah KOH yang diperlukan untuk menyabunkan asam lemak bebas yang masih terikat dalam bentuk trigliserida (Ketaren, 2012). Trigliserida dengan asam lemak yang mempunyai rantai C pendek akan mempunyai angka penyabunan yang lebih tinggi daripada asam lemak dengan rantai C panjang (Winarno, 2004).

6) Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan dengan hambatan untuk mengalir. Semakin sering minyak dipanaskan maka viskositas semakin turun.

i. Penentuan Bilangan Peroksida dengan Metode Iodometri

Penentuan bilangan peroksida dengan metode iodometri yaitu ditentukan berdasarkan jumlah iodin yang dibebaskan setelah minyak ditambahkan kalium iodide berlebih. Lemak direaksikan dengan kalium iodide dalam pelarut asetat kloroform (3:2). Kemudian iodin yang terbentuk ditentukan dengan titrasi menggunakan larutan natrium thiosulfate. Volume titran atau natrium thiosulfat yang digunakan setara dengan iod yang dihasilkan oleh sampel. Titik akhir titrasi ditandai dengan hilangnya warna biru dari amilum-iodin (Winarno, 2004).

j. Penentuan Kadar Bilangan Asam dengan Metode Alkalimetri

Penentuan kadar asam bebas dengan metode alkalimetri setelah bahan dilarutkan dalam alkohol netral panas yang dihitung berdasarkan berat dari molekul asam lemak atau campuran asam lemak. Bilangan asam dinyatakan sebagai sejumlah milligram NaOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat pada 1 gram minyak. Titik akhir dari titrasi ditandai dengan terbentuknya warna merah muda yang konstan (Winarno, 2004).

3. Antioksidan

a. Definisi Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa kimia yang mampu menghambat atau mencegah kerusakan lemak atau bahan akibat proses

oksidasi. Energi dalam persenyawaan aktif ditampung oleh antioksidan, sehingga reaksi oksidasi terhenti (Ketaren, 2012). Antioksidan atau reduktor berfungsi untuk mencegah terjadinya oksidasi atau menetralkan senyawa yang telah teroksidasi, dengan cara menyumbangkan hidrogen atau elektron. Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktifitas senyawa oksidan tersebut bisa dihambat (Winarsi, 2007).

b. Klasifikasi Antioksidan

1) Berdasarkan Sumber

a) Antioksidan Sintetis

Antioksidan sintetis merupakan antioksidan yang diperoleh dari hasil sintetis reaksi kimia. Ada lima antioksidan sintetis yang penggunaannya menyebar luas di dunia, yaitu *Butylated Hidroxyanisole (BHA)*, *Butylated Hidroxytoluene (BHT)*, *Tert-butyl Hydroquinone (TBHQ)*, *propylgallate*. Antioksidan tersebut sudah diproduksi secara sintetis untuk tujuan komersial. *TBHQ (Tert-butyl Hydroquinone)* merupakan antioksidan paling efektif pada lemak dan minyak khususnya untuk minyak nabati. *TBHQ Tert-butyl Hydroquinone* lebih efektif dibanding *Butylated Hidroxyanisole (BHA)*, *Butylated Hidroxytoluene (BHT)* (Ayucitra, 2011).

b) Antioksidan Alami

Antioksidan alami banyak terdapat dalam berbagai tumbuhan. Antioksidan ini digunakan untuk mengontrol radikal bebas, katalisis oksidasi lemak, penghancuran produk sekunder. Senyawa yang terkandung dalam antioksidan alami misalnya *flavonoid, karotenoid, tokoferol* (Brewer, 2011). Antioksidan alami memiliki beberapa keunggulan bila dibandingkan antioksidan sintesis karena bersifat aman bila dikonsumsi. Selain itu, antioksidan alami tidak hanya menghambat reaksi kimia oksidasi yang merusak makromolekul dan menimbulkan berbagai masalah kesehatan, namun juga dapat menambahkan kandungan nutrisi pada minyak goreng (Ayucitra, 2011).

2) Berdasarkan Mekanisme Kerja

a) Antioksidan Primer.

Antioksidan primer adalah suatu zat yang dapat menghentikan reaksi berantai pembentukan radikal yang melepaskan hidrogen. Zat – zat yang termasuk golongan ini dapat berasal dari alam maupun buatan. Antioksidan alam antara lain tokoferol, lesitin, fosfatida, sesamol, gosipol, dan asam askorbat (Winarno, 2004). Suatu senyawa dikatakan sebagai antioksidan primer, apabila mampu memberikan atom hidrogen secara cepat kepada senyawa radikal, kemudian radikal antioksidan yang

terbentuk segera berubah menjadi senyawa yang lebih stabil (Winarsi, 2007).

b) Antioksidan Sekunder

Antioksidan skunder merupakan suatu zat yang dapat mencegah prooksidan sehingga dapat digolongkan sebagai sinergik. Beberapa asam tertentu, seperti asam di- atau trikarboksilat dapat mengikat logam-logam (*squestran*) (Winarno, 2004). Antioksidan skunder disebut juga antioksidan eksogenus atau non-enzimatis. Cara kerja sistem antioksidan non-enzimatik yaitu dengan memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas atau dengan cara menangkapnya. Sehingga, radikal bebas tidak akan bereaksi dengan komponen seluler (Winarsi, 2007).

c) Antioksidan Tersier

Kelompok antioksidan tersier meliputi system enzim *DNA-repair* dan metionin sulfoksida reduktase. Enzim-enzim ini berfungsi dalam perbaikan biomolekuler yang rusak akibat reaktivitas radikal bebas. Kerusakan DNA yang terinduksi senyawa radikal bebas ditandai oleh rusaknya *single* dan *double strand*, baik gugus non-basa maupun basa (Winarsi, 2007).

3) Berdasarkan Cincin Benzena

Menurut Ketaren (2012) antioksidan ini terdiri dari :

a) Golongan Fenol

Antioksidan jenis ini biasanya mempunyai intensitas warna yang rendah atau kadang-kadang tidak berwarna dan banyak digunakan karena tidak beracun. Antioksidan golongan fenol meliputi sebagian besar antioksidan yang dihasilkan oleh alam. Sejumlah kecil antioksidan sintesis, serta banyak digunakan dalam lemak atau bahan pangan berlemak. Beberapa contoh yang termasuk kedalam golongan ini adalah *hidroquinon*, *gossypol*, *pyrogallol*, *catechol*, *resorcinol*, dan *eugenol*.

b) Golongan Amin

Antioksidan yang mengandung gugus amina atau diamino yang terikat pada cincin benzena biasanya mempunyai potensi tinggi sebagai antioksidan, tapi jenis ini beracun dan menghasilkan warna yang intensif bila dioksidasi atau bereaksi dengan ion logam. Antioksidan golongan ini umumnya stabil terhadap panas serta ekstraksi dengan kaustik. Senyawa yang termasuk golongan ini antara lain *difenilamin*, *difenilhidrazin*, dan *difenilguanidine*.

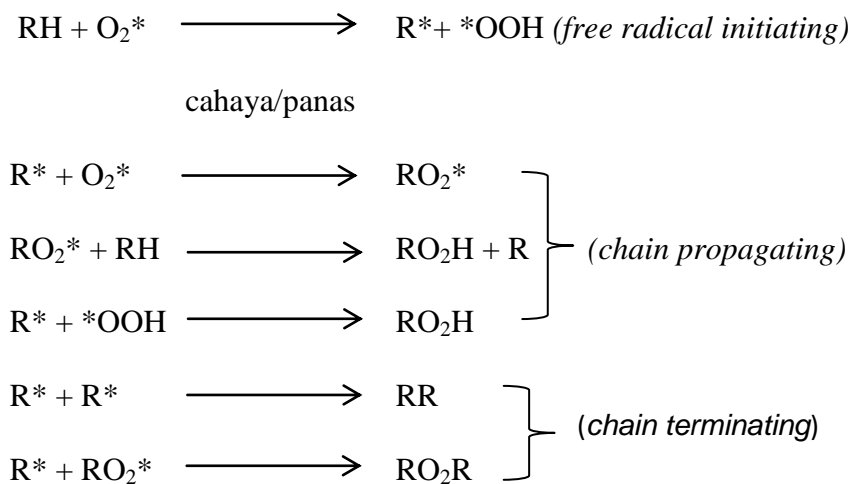
c) Golongan amino-fenol

Antioksidan golongan senyawa ini biasanya mengandung gugusan fenolat dan amino yang merupakan gugus fungsional penyebab aktivitas antioksidan. Golongan senyawa ini banyak digunakan dalam industri *petroleum*, untuk mencegahnya terbentuknya *gum* dalam *gasoline*.

c. Mekanisme Kerja Antioksidan

Mekanis antioksidan dalam menghambat oksidasi atau menghentikan reaksi berantai pada radikal bebas dari lemak yang teroksidasi, dapat disebabkan oleh 4 macam mekanisme reaksi, yaitu : pelepasan hidrogen antioksidan, pelepasan elektron dari antioksidan, addisi lemak ke dalam cincin aromatik pada antioksidan, dan pembentukan senyawa kompleks antara lemak dan cincin aromatik dari antioksidan (Ketaren, 2012).

Ketaren (2012) mengatakan bahwa, antioksidan dapat menghambat setiap proses oksidasi. Adapun tahap-tahap oksidasi adalah sebagai berikut



B. Landasan Teori

Bekatul merupakan bagian terluar bulir beras yang terbungkus oleh sekam padi. Bekatul diperoleh dari hasil samping proses penggilingan atau penumbukan padi menjadi beras. Proses penggilingan padi mempunyai tujuan untuk menghilangkan sekamnya sehingga diperoleh beras pecah kulit (*brown rice*) (Astawan, 2009). Bekatul kaya akan vitamin B kompleks, vitamin E, asam

lemak esensial, serat pangan, protein, *oryzanol*, *asam ferulat*, dan *senyawa fotokimia* yang mampu mencegah penyakit (Kahlon *et al*, 1996). Bekatul juga mengandung senyawa tokol (tokoferol dan tokotreinol). Tokoferol merupakan vitamin E yang bersifat antioksidan yang kuat (Kahlon *et al*, 1996).

Minyak dan lemak merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Selain itu lemak dan minyak juga merupakan sumber energi yang lebih efektif dibanding dengan karbohidrat dan protein (Winarno, 2004). Lemak dan minyak merupakan trigliserida campuran yang berasal dari ester gliserol dan asam lemak rantai panjang. Trigleserid dapat berwujud cair maupun padat tergantung penyusunnya. Minyak atau lemak tidak bebrbeda dalam bentuk trigleseridnya, tapi hanya berbeda dalam bentuk (wujud) (Ketaren, 2012). Lemak dan minyak berfungsi sebagai media penghantar panas pada saat proses penggorengan. Penambahan lemak dan minyak kedalam bahan pangan untuk menambah kalori serta memperbaiki tekstur dan cita rasa bahan pangan (Winarno, 2004).

Kerusakan minyak mempengaruhi mutu nilai gizi bahan pangan yang digoreng. Reaksi hidrolisis dapat mengakibatkan kerusakan minyak atau lemak karena adanya air dalam minyak. Kerusakan minyak dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu absorpsi bau lemak, enzimatis, aksi mikroba, oksidasi oleh oksigen (Ketaren, 2012).

Mutu minyak bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bilangan peroksida, kadar asam lemak bebas, bilangan iodium, bilangan penyabunan, kadar air dan viskositas. Bilangan peroksida adalah nilai penting untuk menentukan

derajat kerusakan pada minyak atau lemak. Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas, serta dihitung berdasarkan berat molekul dari asam lemak atau campuran asam lemak (Ketaren, 2012).

Antioksidan merupakan senyawa kimia yang dapat menghambat atau mencegah kerusakan lemak atau bahan berlemak akibat oksidasi (Ketaren, 2012).

BAB III.

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada Bulan Maret 2017. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Analisis Makanan dan Minuman, Laboratorium Fitokimia, dan Laboratorium Teknologi Farmasi Universitas Setia Budi Surakarta.

B. Populasi dan Sampel

Populasi adalah wilayah atau ruang lingkup generalisasi yang terdiri dari objek/subjek yang mempunyai kuantitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti (Sugiyono, 2001). Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak goreng curah.

Sampel adalah sebagai bagian dari populasi yang diteliti (Sugiyono, 2001). Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak curah yang sudah digunakan penggorengan berulang.

C. Variabel Penelitian

1. Identifikasi variabel utama

Variabel utama dalam penelitian ini adalah variasi konsentrasi bekatul beras dan variasi lama waktu pengadukan.

2. Klasifikasi variabel utama

Variabel utama dalam penelitian ini diklasifikasikan dalam berbagai variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

a. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat diubah sesuai keinginan peneliti untuk dipelajari pengaruhnya terhadap variabel terikat.

b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi dari variabel bebas (Riwidikdo, 2012). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar bilangan peroksida dan asam lemak bebas.

3. Definisi operasional variabel utama

Pertama, bekatul yang digunakan adalah jenis bekatul yang didapat dari selep padi keliling di Kecamatan Siman, Kabupaten Ponorogo .

Kedua, minyak uji dalam penelitian ini adalah minyak curah yang sudah digunakan secara berulang. Minyak curah yang digunakan di dapatkan dari Pasar Legi Surakarta.

Ketiga, uji pengaruh bekatul ditentukan dengan penambahan bekatul dengan berbagai massa dan lama waktu pengadukan pada minyak kemudian menghitung kadar bilangan peroksida dan asam lemak bebas.

D. Bahan dan Alat

1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bekatul beras putih (*Oryza sativa*) yang di dapat dari selep padi keliling di Kecamatan Siman, Kabupaten Ponorogo. Bahan lain yang digunakan adalah minyak sisa penggorengan dari minyak curah.

Bahan kimia yang digunakan sebagai pereaksi untuk penentuan angka peroksida dan asam lemak bebas adalah alkohol netral, indikator pp 1%, NaOH $\pm 0,01$ N, campuran asam asetat : kloroform (3:2), KI jenuh, Na₂S₂O₃ $\pm 0,01$ N, Amilum 1% KIO₃ 0,01 N, H₂C₂O₄ 0,05 N

2. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah tempat penggorengan, kompor *stirrer*, magnet stearrer, beker glas, Erlenmeyer, buret, pipet volume, kertas saring.

E. Prosedur Penelitian

1. Teknik Sampling

Sampel yang digunakan didapat dari Pasar Legi Surakarta dengan mengambil sampel minyak goreng curah dari satu penjual. Kemudian sampel minyak digunakan untuk menggoreng secara berulang dengan materi ter goreng tempe.

2. Proses Penggorengan

Penggorengan dilakukan dengan cara menggoreng biasa (*DeepFrying*) dimana suhu mencapai 200°C – 205°C. Tempe sebagai materi tergoreng direndam kedalam minyak goreng dengan sumber panas dari pemanasan kompor gas (Ketaren, 2012). Penggorengan dengan materi tergoreng dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Penggorengan pertama dilakukan dengan menggoreng tempe dalam rentang waktu 10 menit kemudian minyak disimpan selama 24 jam pada suhu kamar. Minyak goreng curah yang digunakan pada penggorengan pertama digunakan lagi untuk menggoreng tempe dengan rentang waktu yang sama yaitu 10 menit dan disimpan selama 24 jam pada suhu kamar. Kemudian penggorengan ketiga dilakukan dengan menggunakan minyak goreng yang telah digunakan pada penggorengan kedua. Rentang waktu penggorengan yaitu 10 menit dan disimpan pada suhu kamar 24 jam.

3. Preparasi Sampel

Preparasi sampel dilakukan berdasarkan variasi konsentrasi pemberian bekatul dan variasi lama waktu pengadukan (diaduk menggunakan stirrer) bekatul. Variasi pertama yaitu minyak goreng curah yang telah digunakan dalam proses penggorengan dibagi menjadi 3 bagian masing-masing 300 ml minyak.

4. Perlakuan Sampel

Tiga bagian minyak diberikan konsentrasi bekatul sebanyak 5% pada bagian pertama, 10% pada bagian kedua, 15% pada bagian ketiga. Variasi yang kedua yaitu lama waktu saat pemberian bekatul. Masing-masing variasi konsentrasi pemberian bekatul, dilakukan pengadukan menggunakan stirrer dengan waktu yang berbeda yaitu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Penetapan kadar angka peroksida dan asam lemak bebas dilakukan tiga kali pengulangan dari setiap lama waktu pengadukan.

Keterangan :

Konsentrasi 5% : 5 gram bekatul dimasukkan kedalam 100 gram minyak goreng curah 3x penggorengan

Konsentrasi 10% : 10 gram bekatul dimasukkan kedalam 100 gram minyak goreng curah 3x penggorengan

Konsentrasi 15% : 15 gram bekatul dimasukkan kedalam 100 gram minyak goreng curah 3x penggorengan

5. Penentuan Bilangan Peroksida

a. Prosedur Standarisasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \pm 0,01 \text{ N}$ dengan $\text{KIO}_3 0,01 \text{ N}$

- Memipet KIO_3 sebanyak 10 ml dan kemudian memasukan kedalam tabung Erlenmeyer ukuran 100 ml.
- Menambahkan sebanyak 2 ml larutan $\text{H}_2\text{SO}_4 4 \text{ N}$

- Menambahkan larutan KI 20% sebanyak 5 ml kemudian Erlenmeyer ditutup menggunakan plastik.
- Menitrasi menggunakan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \pm 0,01 \text{ N}$ hingga berwarna kuning muda.
- Menambahkan 0,5 ml indikator amilum 1% dan melanjutkan titrasi sampai warna biru hilang.
- Rumus perhitungan standarisasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dengan KIO_3

$$(V \times N) \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = (V \times N) \text{KIO}_3$$

b. Prosedur Penetapan Bilangan Peroksida Pada Sampel

- Menimbang sebanyak 5 gram sampel, kemudian memasukan kedalam erlenmeyer 250 ml.
- Menambahkan 30 ml campuran asam asetat : kloroform (3:2) kemudian Erlenmeyer digoyangkan hingga campuran terlarut semua.
- Menambahkan sebanyak 0,5 ml larutan KI jenuh kemudian tabung ditutup menggunakan plastik.
- Mendinginkan 1 menit sambil digoyangkan.
- Menambahkan 30 ml aquades
- Menitrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \pm 0,01 \text{ N}$ hingga warna kuning muda.

- Menambahkan sebanyak 0,5 ml indikator amilum 1% kemudian melanjutkan titrasi sampai warna biru hilang (Sudarmadji, dkk., 2010).

- Rumus Perhitungan Bilangan Peroksida

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{(V_0 - V_1) \times N \text{ Na-Thiosulfat} \times 1000}{\text{berat bahan (g)}}$$

6. Penentuan Asam Lemak Bebas

a. Prosedur standarisasi NaOH \pm 0,01 N dengan H₂C₂O₄ 0,01 N

- Memipet sebanyak 10 ml larutan standar H₂C₂O₄ 0,01 N
- Menambahkan 2-3 tetes indikator PP
- Menitrasi menggunakan larutan NaOH + 0,01 N hingga terbentuk warna merah muda.
- Rumus perhitungan standarisasi NaOH dengan H₂C₂O₄.

$$(V \times N) \text{ NaOH} = (V \times N) \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4$$

b. Prosedur penetapan kadar Asam Lemak Bebas

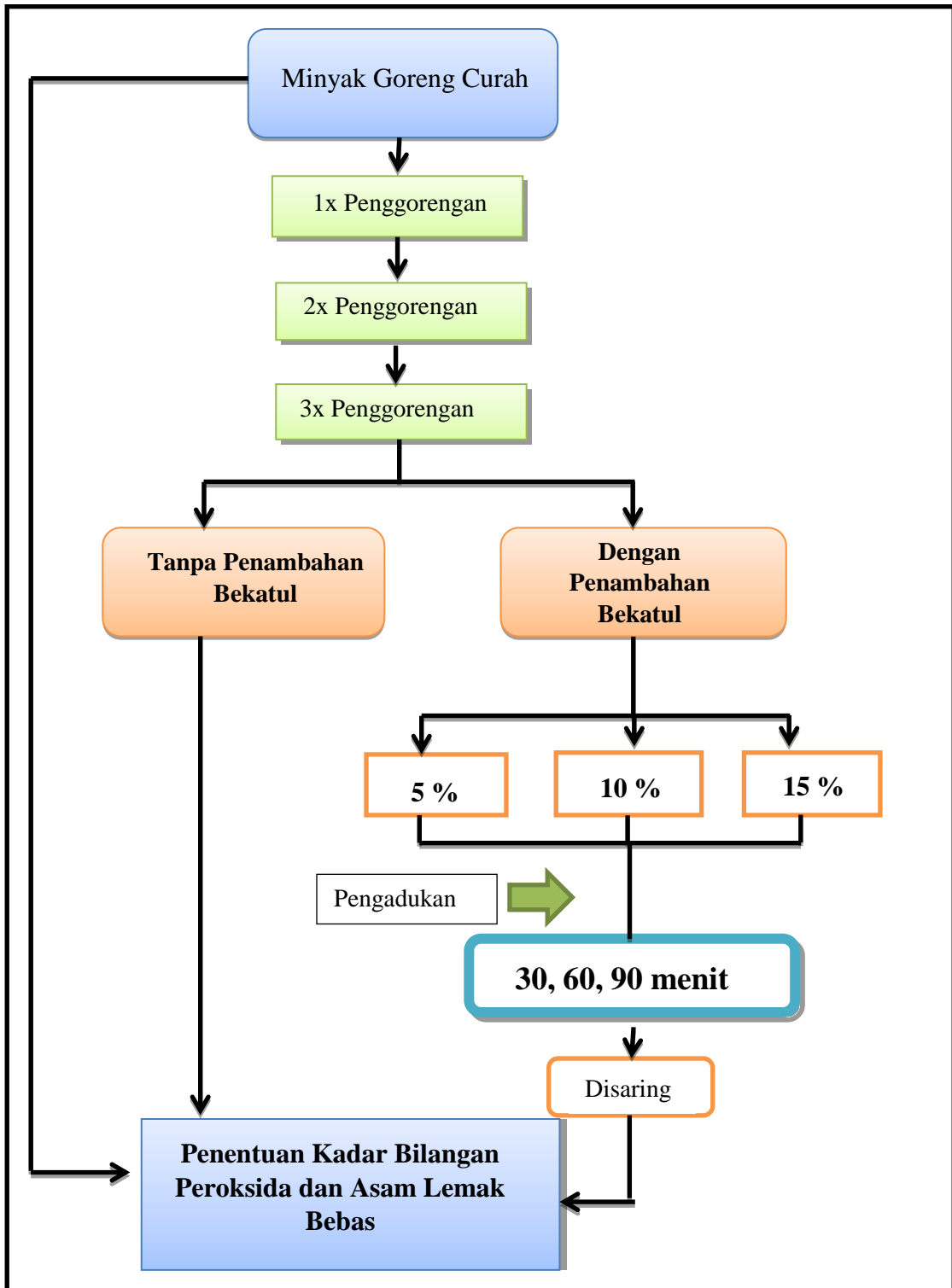
- Menimbang sebanyak 10 – 50 gram sampel dan dimasukkan kedalam erlenmeyer.
- Menambahkan sebanyak 50 ml alkohol netral panas.
- Menambahkan 2 – 3 tetes indikator PP.
- Menitiasi menggunakan NaOH \pm 0,01 N hingga terbentuk warna merah muda yang bertahan selama 30 detik (SNI, 2013).
- Rumus Perhitungan Asam Lemak Bebas

$$\text{Asam Lemak Bebas (\%)} = \frac{(V \times N) \times 256}{W \times 1000} \times 100\%$$

F. Teknik Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil titrasi digunakan untuk penentuan kadar bilangan peroksida dan asam lemak bebas. Data penentuan kadar bilangan peroksida didapatkan menggunakan metode Iodometri sedangkan penentuan kadar asam lemak bebas menggunakan metode alkalimetri. Pada data hasil penetapan kadar bilangan peroksida dan asam lemak bebas dianalisis secara statistik dengan uji *kolmogrov-smirnov* untuk mengetahui bahwa data yang diperoleh terdistribusi normal atau tidak, apabila data terdistribusi normal maka dilanjutkan dengan uji ANOVA dua arah (*Two Way Anova*).

G. Diagram Blok Cara Kerja



Gambar 1. Diagram Blok Cara Kerja Penentuan Kadar Bilangan Peroksida dan Asam Lemak Bebas

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan di laboratorium Analisa Makanan dan Minumam Universitas Setia Budi Surakarta secara kuantitatif menggunakan metode Alkalimetri untuk perhitungan kadar asam lemak bebas dan Iodometri untuk perhitungan kadar peroksida pada minyak goreng curah yang digunakan penggorengan berulang.

A. Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida

Pada penelitian penurunan kadar asam lemak bebas dan peroksida dilakukan pada minyak goreng curah dengan kontrol sebelum dilakukan penggorengan, setelah dilakukakan 3x penggorengan. Penelitian dengan menentukan variasi konsentrasi bekatul yaitu 5%, 10%, 15% yang berarti 5 gram bekatul dimasukan kedalam 100 gram minyak, dengan variasi lama waktu pengadukan yaitu 30, 60, dan 90 menit. Hasil pengadukan disaring menggunakan kertas saring untuk mendapatkan minyak yang bersih. Dari hasil penelitian dan perhitungan kontrol minyak sebelum dan sesudah penggorengan ditampilkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil perhitungan kadar asam lemak bebas sebelum dan sesudah penggorengan

No	Sampel	Ulangan	Penimbangan (gr)	Volume Titrasi NaOH 0,01N (ml)	Kadar Asam Lemak Bebas (%)	Kadar rata-rata Asam Lemak Bebas (%)
1	Kontrol minyak sebelum penggorengan	I	20,0253	16.10	0.25	0.25
		II	20,0373	16.10	0.25	
		III	20,0618	16.20	0.25	
2	Kontrol minyak sesudah penggorengan	I	20,0682	45.70	0.72	0.72
		II	20,0633	45.70	0.72	
		III	20,0308	45.70	0.72	

Pada Tabel 12. disajikan data kuantitatif kadar asam lemak bebas dari minyak goreng curah penggorengan berulang dengan berbagai konsentrasi dan lama waktu pengadukan.

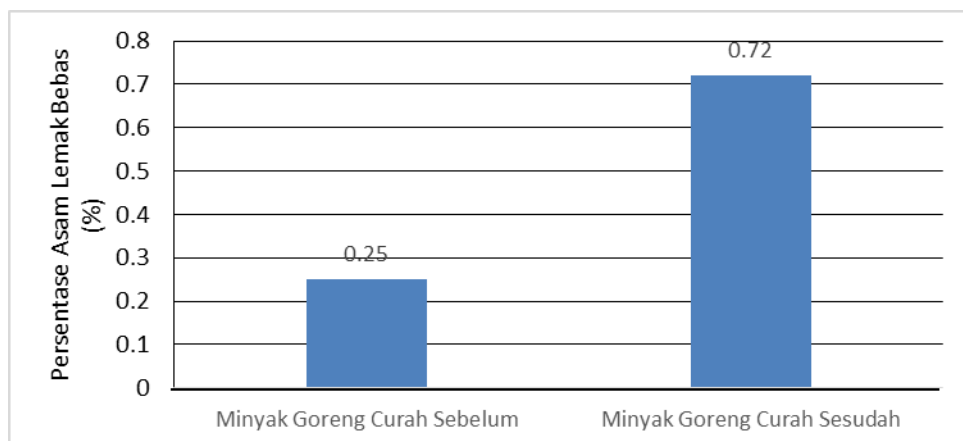
Tabel 12. Data Kuantitatif Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas

Lama Pengadukan	Konsentrasi Bekatul (%)	Kadar Asam Lemak bebas (%)
30 menit	5	0.62
	10	0.50
	15	0.38
60 menit	5	0.61
	10	0.49
	15	0.36
90 menit	5	0.59
	10	0.47
	15	0.34

Data menunjukkan variasi konsentrasi bekatul dalam minyak yaitu 5%, 10%, 15%, dan lama waktu pengadukan mempunyai pengaruh terhadap hasil kadar asam lemak bebas yaitu dengan waktu pengadukan 30 menit berturut –turut dengan hasil sebagai berikut : 0,62%, 0,50%, 0,38%. Hasil kadar dengan lama waktu pengadukan 60 menit berturut-turut yaitu : 0,61%, 0,49%, 0,36% dan dengan lama waktu pengadukan 90 menit secara berturut-turut yaitu : 0,59%, 0,47%, 0,34%. Hasil yang diperoleh dapat diartikan bahwa kadar asam lemak bebas paling rendah yaitu pada lama waktu pegadukan 90 menit dengan konsentrasi bekatul dalam minyak 15%.

1. Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas

Pada Gambar 2. menunjukkan hasil kadar asam lemak bebas kontrol minyak goreng curah baru (0x penggorengan) diperoleh kadar rata-rata yaitu 0,25%. Pada penentuan kadar asam lemak bebas control minyak goreng curah 3x penggorengan diperoleh kadar rata-rata 0,72%.

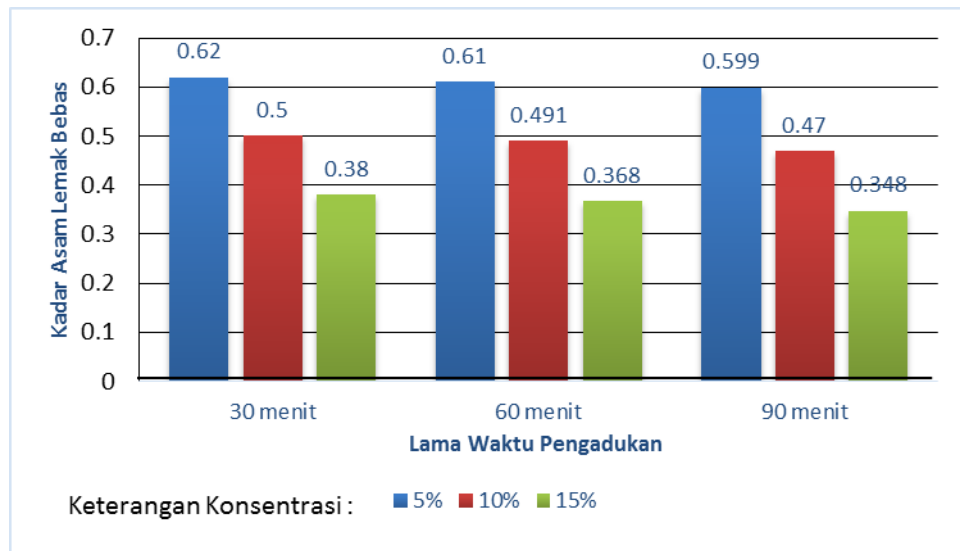


Gambar 2. Rata-rata Kadar Asam Lemak Bebas

Menurut SNI 2006 kadar asam lemak bebas minyak goreng curah 3x penggorengan tersebut telah melebihi batas aman untuk digunakan karena batas maksimal kadar asam lemak bebas minyak goreng secara umum adalah 0,50%. Asam lemak bebas atau *Free Fatty Acid (FFA)* merupakan hasil hidrolisis trigliserida yang mudah teroksidasi sehingga menyebabkan ketengikan (*rancidity*) pada minyak (Ayucitra *et al*, 2011).

Kenaikan kadar asam lemak bebas pada minyak goreng curah ini dipengaruhi oleh faktor proses penggorengan. Hal ini berkaitan dengan kandungan asam lemak tak jenuh dalam jumlah besar dalam bentuk trigliserida pada minyak goreng curah. Selama penggorengan berlangsung minyak mengalami proses oksidasi dimana oksigen dari udara luar akan masuk kedalam minyak. Aerasi udara ditambah dengan suhu yang tinggi selama proses penggorengan mempercepat jumlah asam lemak bebas dalam minyak (Ketaren,2012). Kerusakan minyak pada saat penggorengan (*deep frying*) juga disebabkan kandungan air pada bahan makanan yang akan mempercepat proses hidrolisis sebagian lemak menjadi asam lemak bebas (Budiyanto *et al* 2010). Asam lemak bebas merupakan hasil perombakan yang terjadi didalam minyak akibat proses kompleks pada minyak saat penggorengan. Semakin tinggi kadar asam lemak bebas menandakan bahwa kualitas minyak yang sudah menurun (Panagan, 2010).

Pada Gambar 3 menunjukkan hasil kadar asam lemak bebas yang terus mengalami penurunan pada lama waktu pengadukan 30 menit, 60 menit, dan 90menit.



Gambar 3. Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas

Kadar asam lemak bebas juga mengalami penurunan pada variasi konsentrasi bekatul. Kadar asam lemak bebas terendah didapat pada lama pengadukan selama 90 menit dengan variasi konsentrasi bekatul 15% yaitu 0,348 %. Perolehan penurunan kadar asam lemak bebas tersebut setelah adanya pemberian bekatul pada minyak yang telah digunakan secara berulang. Tokoferol adalah suatu antioksidan yang efektif, yang dengan mudah menyumbangkan atom hidrogen pada gugus hidrosil (OH) dari struktur cincin radikal bebas sehingga radikal bebas menjadi tidak reaktif. Adanya hidrogen yang disumbangkan, tokoferol sendiri menjadi suatu radikal, tetapi lebih stabil karena elektron yang tidak berpasangan pada atom oksigen mengalami delokalisasi ke dalam struktur cincin aromatik

(Silalahi, 2002). Antioksidan tokoferol mempunyai banyak ikatan rangkap yang mudah dioksidasi sehingga akan melindungi lemak dari oksidasi. Antioksidan primer seperti tokoferol dapat menghentikan reaksi berantai pembetukan radikal yang melepaskan hidrogen (Winarno, 2004).

Pada hasil perhitungan rata-rata kadar asam lemak bebas didapatkan persentase penurunan kadar asam lemak bebas pada Tabel 13.

Tabel 13. Persentase Penurunan Kadar Asam Lemak

No	Sampel	Waktu Pengadukan	Konsentrasi	Kadar (%) fraksi massa	Penurunan (%) fraksi massa	% Penurunan
1	minyak curah 3x penggorengan	30 menit	5%	0,62	0,10	13,88 %
			10%	0,50	0,22	30,55 %
			15%	0,38	0,34	47,22 %
2	minyak curah 3x penggorengan	60 menit	5%	0,61	0,11	15,27 %
			10%	0,49	0,23	31,94 %
			15%	0,36	0,36	50,00 %
3	minyak curah 3x penggorengan	90 menit	5%	0,59	0,13	18,05 %
			10%	0,47	0,25	34,72 %
			15%	0,34	0,38	52,77 %

Dilihat dari hasil percobaan penurunan asam lemak bebas menggunakan bekatul selama penelitian dengan sampel minyak curah yang telah dilakukan penggorengan berulang, nilai persentase penurunan paling rendah pada lama waktu pengadukan 30 menit dengan konsentrasi bekatul 5% yaitu 13,88% sedangkan nilai persentase penurunan paling

tinggi pada lama waktu pengadukan 90 menit dengan konsentrasi bekatul 15% yaitu 52,77%.

Perhitungan kontrol Bilangan Peroksida minyak goreng sebelum dan sesudah penggorengan ditampilkan pada Tabel 14.

Table 14. Hasil Perhitungan Kadar Bilangan Peroksida Sebelum dan Sesudah Penggorengan

Sampel	Ulangan	Penimbangan	Volume Titran $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01N (ml)	Kadar Bilangan Peroksida (mek O_2/kg)	Kadar Rata-rata Bilangan Peroksida
Kontrol minyak curah Baru	I	5,0411	4,00	4,76	4,82
	II	5,0513	4,10	4,94	
	III	5,0471	4,00	4,76	
Kontrol minyak 3x Pengorengan	I	5,0473	8,90	14,07	14,01
	II	5,0632	8,90	14,03	
	III	5,0286	8,80	13,93	

Pada Tabel 15 disajikan data kuantitatif kadar asam lemak bebas dari minyak goreng curah penggorengan berulang dengan berbagai konsentrasi dan lama waktu pengadukan.

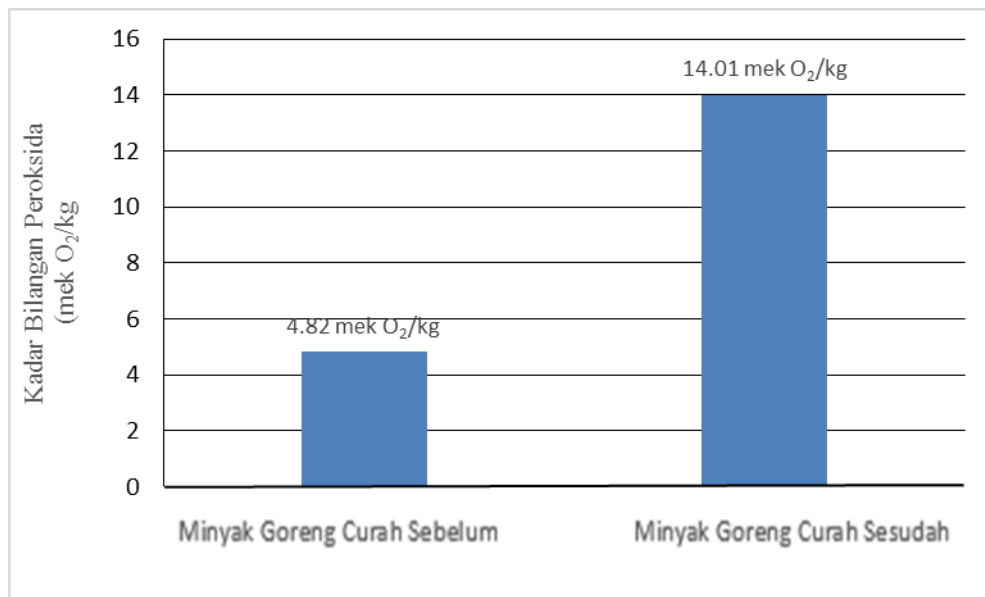
Tabel 15. Data Kuantitatif Penurunan Kadar Bilangan Peroksida

Lama Pengadukan	Konsentrasi Bekatul (%)	Kadar Bilangan Peroksida (mek O ₂ /kg)
30 menit	5	11,52
	10	9,43
	15	8,38
60 menit	5	10,88
	10	8,99
	15	7,35
90 menit	5	10,11
	10	8,21
	15	6,76

Pada Tabel 15 disajikan data kuantitatif kadar bilangan peroksida dari minyak goreng curah dengan penggorengan berulang. Data menunjukkan variasi konsentrasi bekatul dalam minyak yaitu 5%, 10%, 15%, dan lama waktu pengadukan mempunyai pengaruh terhadap hasil kadar bilangan peroksida yaitu dengan waktu pengadukan 30 menit berturut –turut dengan hasil sebagai berikut : 11,52 mek O₂/kg; 9,43 mek O₂/kg; 8,38 mek O₂/kg. Hasil kadar dengan lama waktu pengadukan 60 menit berturut-turut yaitu : 10,88 mek O₂/kg; 8,99 mek O₂/kg; 7,35 mek O₂/kg, dan dengan lama waktu pengadukan 90 menit secara berturut-turut yaitu: 10,11 mek O₂/kg; 8,21 mek O₂/kg; 6,76 mek O₂/kg. Hasil yang diperoleh dapat diartikan bahwa kadar bilangan peroksida paling rendah yaitu pada lama waktu pegadukan 90 menit dengan konsentrasi bekatul dalam minyak yaitu 15%.

2. Penetapan Kadar Bilangan Peroksida

Pada gambar 4. menunjukkan kadar bilangan peroksida kontrol minyak goreng curah baru (0x penggorengan) diperoleh kadar rata-rata



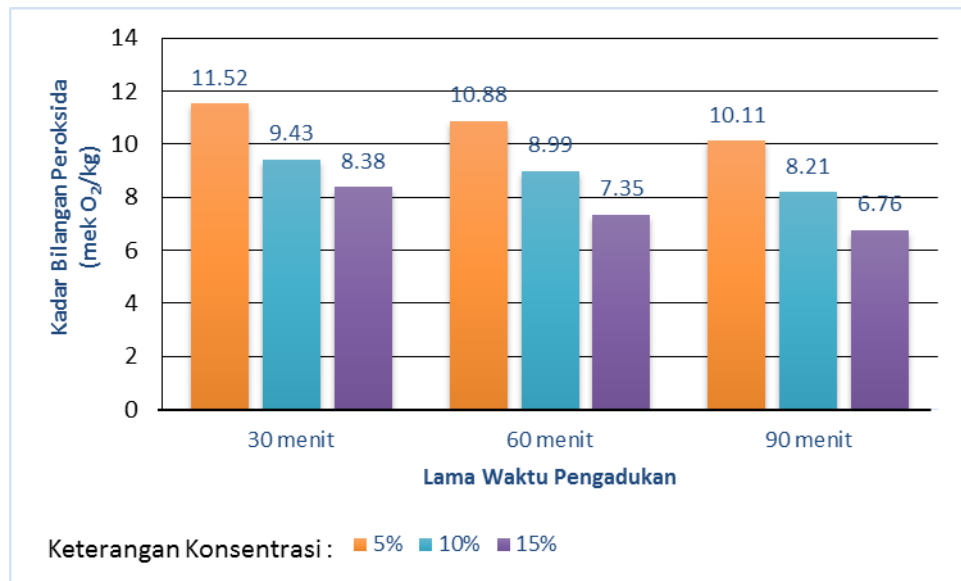
yaitu 4,82 mek O₂/kg. Pada penentuan bilangan peroksida kontrol minyak goreng curah 3x penggorengan diperoleh kadar rata-rata 14,01 mek O₂/kg

.Gambar 4. Rata-rata Kadar Bilangan Peroksida

Menurut SNI 2013, kadar bilangan peroksida minyak goreng curah 3x penggorengan tersebut telah melebihi aman untuk digunakan karena batas maksimal kadar asam lemak bebas minyak goreng secara umum adalah 10 mek O₂/kg. Peroksida terbentuk oleh asam lemak jenuh yang tidak dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkapnya. Adanya air yang terkandung dalam bahan makanan yang dimasak akan mempercepat pembentukan peroksida dari persenyawaan lemak tidak jenuh (Ketaren, 2012). Peningkatan kadar bilangan peroksida berkaitan dengan proses

penggorengan, minyak yang digunakan untuk penggorengan berulang mengalami proses hidrolisis dan oksidasi. Oksidasi pemanasan pada minyak saat penggorengan mengakibatkan peningkatan jumlah peroksida dan penurunan jumlah asam lemak jenuh pada minyak goreng. Hal ini disebabkan oleh reaksi minyak goreng dengan oksigen pada saat pemanasan. Asam lemak bebas yang tidak jenuh memiliki peluang teroksidasi pada ikatan rangkapnya menjadi senyawa hidroperoksida yang diukur dengan bilangan peroksida (Nisma F dan Situmorang A, 2012) . Kadar bilangan peroksida yang rendah dikarenakan laju saat pembentukan peroksida baru lebih kecil dibandingkan dengan laju degradasi dan bereaksi dengan zat lain (Raharjo, 2006).

Pada Gambar 5 menunjukkan hasil kadar bilangan proksida mengalami penurunan pada lama waktu pengadukan 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Kadar bilangan peroksida juga mengalami penurunan pada variasi konsentrasi bekatul. Kadar bilangan peroksida terendah didapat pada lama pengadukan selama 90 menit dengan variasi konsentrasi bekatul 15% yaitu 6,76 mek O₂/kg.



Gambar 5. Penurunan Kadar Bilangan Peroksida

Perolehan penurunan kadar bilangan peroksida tersebut setelah adanya pemberian bekatul pada minyak yang telah digunakan penggorengan secara berulang. Hal ini dikarenakan adanya kandungan antioksidan tokoferol pada didalam bekatul yang dapat menghambat peningkatan kadar bilangan peroksida (Winarno, 2004). Kandungan peroksida yang ada pada minyak goreng curah menurun dengan setiap penambahan konsentrasi bekatul dan lama pengadukan. Radikal peroksida yang dihasilkan pada oksidasi termal dalam minyak goreng dapat dihambat dengan penambahan antioksidan pada tahap inisiasi dan tahap propagasi (Nisma F dan Situmorang A, 2012).

Pada hasil perhitungan didapatkan persentase penurunan kadar Bilangan Peroksida pada Tabel 16 sebagai berikut:

Tabel 16. Persentase Penurunan Kadar Bilangan Peroksida

No	Sampel	Waktu Pengadukan	Konsentrasi	Kadar (mek O ₂ /kg)	Penurunan (mek O ₂ /kg)	% Penurunan
1	Minyak curah 3x penggorengan	30 menit	5 %	11,52	2,49	17
			10 %	9,43	4,58	32
			15 %	8,38	5,63	40
2	Minyak curah 3x penggorengan	60 menit	5 %	10,88	3,13	22
			10 %	8,99	5,02	35
			15 %	7,35	6,66	47
3	Minyak curah 3x penggorengan	90 menit	5 %	10,11	3,9	27
			10 %	8,21	5,8	41
			15 %	6,76	7,25	51

3. Uji statistik

1. Uji Normalitas

Sebelum melakukan uji anova dua jalan dilakukan terlebih dahulu uji pendahuluan yaitu uji normalitas. Dari uji normalitas didapatkan kadar Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida ditampilkan pada Tabel 17 dan 18

Tabel 17. Uji Normalitas Asam Lemak Bebas(*One-Sample Kolmogrov Smirnov Test*)

		Kadar Asam Lemak Bebas
N		27
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.4856
	Std. Deviation	.10364
Most Extreme Differences	Absolute	.179
	Positive	.179
	Negative	-.177
Kolmogorov-Smirnov Z		.931
Asymp. Sig. (2-tailed)		.352

Tabel 18. Uji Normalitas Bilangan Peroksida(*One-Sample Kolmogrov Smirnov Test*)

		Kadar Bilangan Peroksida
N		27
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	9.0744
	Std. Deviation	1.52180
Most Extreme Differences	Absolute	.108
	Positive	.108
	Negative	-.101
Kolmogorov-Smirnov Z		.564
Asymp. Sig. (2-tailed)		.908

Hasil uji normalitas data Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida pada Tabel 20 dan 21 didapatkan nilai signifikansi berturut – turut adalah 0,352 dan 0,908 yang berarti $> 0,05$. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa data diatas terdistribusi normal.

2. Uji Anova Dua Jalan (*Two way annova*)

Uji ini digunakan untuk mengetahui adanya pengaruh pada perbedaan variasi konsentrasi dan lama pengadukan bekatul dalam minyak curah penggorengan berulang terhadap kadar bilangan peroksida. Dari uji *Two WayAannova* didapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 19 dan 20.

Tabel 19. Uji *Two Way Annova* Kadar Asam Lemak Bebas
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Kadar Asam Lemak Bebas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.279 ^a	8	.035	3139.500	.000
Intercept	6.366	1	6.366	572907.000	.000
Konsentrasi	.274	2	.137	12324.000	.000
Waktu	.005	2	.003	228.000	.000
Konsentrasi * Waktu	.000	4	3.333E-5	3.000	.046
Error	.000	18	1.111E-5		
Total	6.645	27			
Corrected Total	.279	26			

Tabel 20. Uji *Two Way Anova* Kadar Bilangan Peroksida

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Kadar Bilangan Peroksida

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	60.067 ^a	8	7.508	927.389	.000
Intercept	2223.330	1	2223.330	274610.705	.000
Konsentrasi	50.744	2	25.372	3133.780	.000
Waktu	9.045	2	4.523	558.619	.000
Konsentrasi * Waktu	.278	4	.069	8.579	.000
Error	.146	18	.008		
Total	2283.543	27			
Corrected Total	60.213	26			

Rumusan hipotesisnya yaitu H_0 tidak ada pengaruh nyata antara konsentrasi bekatul 5%, 10%, 15% dan lama waktu pengadukan dengan waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit terhadap kadar bilangan peroksida. Sedangkan untuk hipotesis H_1 yaitu ada pengaruh nyata antara konsentrasi bekatul 5%, 10%, 15% dan lama waktu pengadukan dengan waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit terhadap kadar bilangan peroksida. Pengambilan keputusan adalah jika probabilitasnya (Sig) $> 0,05$, maka H_0 diterima dan jika probabilitasnya (Sig) $\leq 0,05$, maka H_0 ditolak, dengan 0,05 adalah besarnya taraf nyata (taraf signifikansi = α).

Penurunan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida tersebut setelah adanya pemberian bekatul pada minyak yang telah digunakan secara berulang. Hal ini dikarenakan adanya kandungan antioksidan tokoferol pada didalam bekatul yang mengikat dan menghambat peningkatan kadar bilangan peroksida (Winarno, 2004). Kandungan peroksida yang ada pada minyak goreng curah menurun dengan setiap penambahan konsentrasi bekatul dan lama pengadukan. Tokoferol adalah suatu antioksidan yang efektif, yang dengan mudah menyumbangkan atom hidrogen pada gugus hidroksil (OH) dari struktur cincin radikal bebas sehingga radikal bebas menjadi tidak reaktif. (Silalahi, 2002).

Uji tabel *Tests of Between-Subjects Effects*, menunjukkan bahwa nilai signifikansi dari intercept adalah 0.000. Data tersebut dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh nyata antara konsentrasi bekatul 5%, 10%, 15% dan lama waktu pengadukan 30 menit, 60 menit, 90 menit terhadap kadar bilangan peroksida pada minyak goreng curah penggorengan berulang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan bekatul ke dalam minyak mampu menurunkan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida pada minyak goreng curah yang telah digunakan penggorengan berulang.
2. Penurunan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida paling optimal didapatkan pada variasi 15% dengan lama waktu pengadukan 90 menit masing – masing asam lemak bebas 0,34% dan bilangan peroksida 6,76 mek O₂/kg.
3. Adanya pengaruh nyata antara variasi penambahan bekatul dan lama waktu pengadukan.

B. Saran

1. Perlunya penelitian dalam pengujian bahan-bahan alami lainnya yang mengandung antioksidan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida yang lebih tinggi.
2. Perlu juga dilakukan penelitian menggunakan varian bekatul lainnya seperti bekatul beras merah atau beras hitam.

DAFTAR PUSTAKA

- Agoes, G. 2008. *Pengembangan Sediaan Farmasi*. Bandung: Penerbit ITB. Hal. 30.
- Amalia F., Retaningsih., Rahmayani I J. 2010. Perilaku Pengguna Minyak Goreng Serta Pengaruhnya Terhadap Keikutsertaan Progam Pengumpulan Minyak Jelantah di Kota Bogor. *Jurnal Ilmu dan Kons.* Vol 3, No2
- Aminah, S., dan Isworo T.J. 2009. Praktek Penggorengan dan Mutu Minyak Goreng Sisa pada Rumah Tangga Rt.05 Rw. III Kedungmundu Tembalang Semarang. *Laporan penelitian Internal UNIMUS Tahun 2009*
- Arpi N. 2014. Kombinasi Antioksidan Alami α -Tokoferol Dengan Asam Askorbat dan Antioksidan Sintetis BHA dengan BHT Dalam Mengahambat Ketengikan Kelapa Gongseng Giling (U Neuluhu) Selama Penyimpanan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. Vol. (6) No.2,2014
- Astawan, M. 2009. Sehat Dengan Hidangan Kacang dan Biji-bijian. Jakarta : Penebar Swadaya
- Ayucitra A., Indraswati N., Yulianus V.M., Kurniawan D., Francisco G., Yudha A. 2011. Potensi Senyawa Fenolik Bahan Alami Sebagai Antioksidan Alami Minyak Goreng Nabati. *Jurnal Widya Teknik*, volume 10(1): 1-11
- BSNI (Standar Nasional Indonesia). 2006. Minyak Kelapa Sawit Mentah (*Crude Palm Oil*). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- BSNI (Standar Nasional Indonesia). 2013. Minyak Goreng. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Budiyanto., Silsia D., Efendi Z., dan Janika R. 2010. Perubahan Kandungan B-Karoten, Asam lemak Bebas dan Bilangan Peroksia Minyak Sawit Merah Selama Pemanasan. *AGRITECH*, Vol 30, No. 2, mei 2010
- Chatzilazarou, A., Gartzis O., Lalas, S., Zoidis, E., and Tsaknis, J. 2006. Physicochemical Changes Of Olive Oil and Selected Vegetable Oil During Frying. *Journal Food Lipids* 13: 27-35
- Damayanthi E, Muchtadi D, Zakaria FR, Syarief H, Wijaya CH, Darmadjati DS. 2004. Aktifasi Antioksidan Minyak Bekatul Padi Awet dan Fraksinya Secara in vitro. *Jurnal Teknol dan Industri Pangan* 2004; XV(1):11-8

- Galeone, C., Talamini R., Levi F., Pelucchi C., Negri E., Glacosa A., Montnella M., Franceschi S., and Vecchic. 2006. *Fried Foods, olive oil and colorectal cancer*. *Eur Soc Med Onc* 13: 689-92
- Helal, A.M. 2005. *Rice Bran in Egypt*. Cairo : Kaha for Environmental and Agricultural Projects.
- Iriyani, N. 2011. *Sereal Dengan Subtitusi bekatul Tinggi Antioksidan* [Artikel]. Semarang: Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro
- Ketaren, S. 2012. *Pengantar teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta:Universitas Indonesia Press.
- Kahlon T.S., F.I. Chow, M.M. Chiu, C. A. Hudson dan R.N. Sayre.1996. Cholesterol-lowering by rice bran and ricebran oil unsaponifiable matter in hamster. *Coreal Chem*. 73(1):69-74 1996
- Marsigit., Budiyanto., dan Mukhsin. 2011. Analisis Penurunan Kualitas Minyak Goreng Curah Selama Penggorengan Kerupuk Jalin. *Jurnal Agro Industri*. volume. 1(2): 1-2
- Nisma, F dan Situmorang, A. 2012. Pengaruh Penambahan n-heksan Buah Tomat (*Lycopersicum esculentum* P.Miller) Terhadap Kualitas Minyak Goreng Curah Setelah Pemanasan. *Jurnal Farmasains*, Vol 1 No.6
- Panagan, Almunady T. 2010. Pengaruh Penambahan Bubuk Bawang Merah (*Allium ascalonicum*) Terhadap Bilangan Peroksida dan Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Curah. *Jurnal Penelitian Sains* 17-18
- Parakksi, Aminuddin . 1990. *ILMU GIZI dan MAKANAN TERNAK*. Bandung:ANGKASA.
- Pokorni, J., Yanishlieva, N., Gordon. 2001. *Antioxidant In Food Practical Applicatoins*. CRC Press. New York
- Putri, R.H et al. 2013. Isolasi Dan Karaterisasi Oryzanol Dari Minyak Dedak Padi. *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 1,No.1, (2013) 1-7.
- Raharjo, S. 2006. *Kerusakan Oksidatif Pada Makanan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Riwidikdo, H. 2012. *Statistik Kesehatan*. Mitra Cendikia Press. Yogyakarta
- Siahaan, D., S. M.E. Siregar. 2004. *Studi Awal Kualitas Minyak Goreng Kelapa Sawit pada Penggorengan berulang Produk Tertentu*. (online) http://www.iopri.org/index.php?option=com_content&ask=ask=section&id=91&Itemid=47. Diakses 5 Desember 2016

- Silalahi, J. 2002. Peran Antioksidan Alami pada Pencegahan Berbagai Penyakit. *Media Farmasi*. 8 (1): 1-13
- Sudarmadji, Slamet, Bambang Haryono, Suhardi. 2010. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian* . Yogyakarta: Liberty.
- Sugiyono. 2001. *Metode Penelitian Adminidtrasi*, Penerbit Alfabeta Bandung
- Susanti D. 2011. Potensi Bekatul Sebagai Sumber Antioksidan Dalam Produk Selai Kacang. [skripsi]. Semarang. Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro.
- Tambaria, M. 2004. Studi Tentang Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas (Rasio Molar Substrat, Waktu dan Suhu Reaksi). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, Vol.2 (1)
- Tuminah, Sulistyowati. 2009. Efek Asam Lemak Jenuh dan Asam Lemak Tak Jenuh (Trans) Terhadap Kesehatan. *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan* 19 Supl: 215S-216S.
- Wati E., Ibnu H., Mufidah S. 2016. Proses Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Ampas Tebu Untuk Pembuatan Sabun Padat. *Jurnal Intergrasi Proses* Vol. 6, No 2 57-63.
- Winarno, F.G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Winarsi, Hery. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas* . Yogyakarta: Kanisius.
- World G. 2011. *The Economic Benefit of Palm Oil to Indonesia*. Palm Oil Green Development Campaign
- Wresdiyati T., Astawan M., Fithriani D., I Ketut M.D., Novelina., S., Aryani S. *Pengaruh α -Tokoferol Terhadap Profil Superoksida Dismutase dan Malondialdehida Pada Jaringan Hati Tikus diBawah Kondisi Stres*". *Jurnal Veteriner*.

L

A

M

P

I

R

A

N

Lampiran 1. Proses Pembuatan Reagen

a. Pembuatan Standar Primer Asam Oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 0,01N sebanyak

100 ml

$$\text{Gram} = \frac{\text{Volume}}{1000} \times \text{Konsentrasi} \times \frac{\text{BM}}{\text{Valensi}}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat H}_2\text{C}_2\text{O}_4 &= \frac{100}{1000} \times 0,01 \times \frac{126,07}{2} \\ &= 0,0630 \text{ gram} \end{aligned}$$

Data Penimbangan

$$\text{Kertas Timbang + Bahan} = 0,3405 \text{ g}$$

$$\text{Kertas Timbang + Sisa} = 0,2760 \text{ g}$$

$$\text{Zat} = 0,0645 \text{ g}$$

Menimbang (menggunakan timbangan analitik elektrik) serbuk asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) sebanyak 0,0630 g. Kemudian serbuk tersebut dimasukkan kedalam labu takar 100ml. Lalu dilarutkan dengan aquadest sampai tanda batas. Kemudian dihomogenkan.

$$\begin{aligned} \text{Koreksi kadar} &= \frac{0,0645}{0,0630} \times 0,01 \\ &= 0,0102 \text{ N} \end{aligned}$$

b. Pembuatan Larutan Sekunder NaOH ± 0,01 N

$$\text{Gram} = \frac{\text{Volume}}{1000} \times \text{Konsentrasi} \times \frac{\text{BM}}{\text{Valensi}}$$

$$\text{Berat NaOH} = \frac{1000}{1000} \times 0,01 \times \frac{40}{1}$$

$$= 0,4 \text{ g}$$

Menimbang Kristal NaOH sebanyak + 0,4 gram menggunakan timbangan analitik kemudian Kristal dimasukkan kedalam beker gelas 1000 ml, kemudian ditambah aquadest sedikit demi sedikit sampai homogeny, kemudian menambahkan aquadest sampai volume 1000 ml.

c. Pembuatan Indikator PP 1%

Menimbang serbuk PP1% sebanyak 1 g dengan neraca analitis. Kemudian dimasukkan kedalam beker gelas 100 ml dan dimasukkan dalam botol tertutup.

Data Penimbangan :

$$\text{Kertas Timbang + Bahan} = 1,2842 \text{ g}$$

$$\text{Kertas Timbang + Sisa} = 0,2741 \text{ g}$$

$$\text{Zat} = 1,0101 \text{ g}$$

d. Pembuatan Standar Primer KIO₃ 0,01N sebanyak 100 ml

$$\text{Gram} = \frac{\text{Volume}}{1000} \times \text{Konsentrasi} \times \frac{\text{BM}}{\text{Valensi}}$$

$$\text{Berat KIO}_3 = \frac{100}{1000} \times 0,01 \times \frac{214}{6}$$

$$= 0,0356 \text{ gram}$$

Data Penimbangan

$$\text{Kertas Timbang + Bahan} = 0,3138 \text{ g}$$

$$\text{Kertas Timbang + Sisa} = 0,2776 \text{ g}$$

$$\text{Zat} = 0,0362 \text{ g}$$

Menimbang (menggunakan timbangan analitik elektrik) serbuk KIO₃ sebanyak 0,0356 g. Kemudian serbuk tersebut dimasukan kedalam labu takar 100ml. Lalu dilarutkan dengan aquadest sampai tanda batas. Kemudian dihomogenkan.

$$\text{Koreksi kadar} = \frac{0,0362}{0,0356} \times 0,01$$

$$= 0,0101 \text{ N}$$

e. Pembuatan Larutan Skunder Na₂S₂O₃ ± 0,01 N

$$\text{Gram} = \frac{\text{Volume}}{1000} \times \text{Konsentrasi} \times \frac{\text{BM}}{\text{Valensi}}$$

$$\text{Berat NaOH} = \frac{1000}{1000} \times 0,01 \times \frac{248,18}{1}$$

$$= 1,2409 \text{ g}$$

Menimbang serbuk NaOH sebanyak \pm 1,2409 gram menggunakan timbangan analitik kemudian serbuk dimasukan kedalam beker glas 1000 ml, kemudian ditambah aquadest sedikit demi sedikit sampai homogen, kemudian menambahkan aquadest sampai volume 1000 ml.

f. Pembuatan alkohol netral

Alkohol 95% ditambah dengan beberapa tetes indikator PP dan dititrasi menggunakan NaOH 0,1 N sampai terbentuk warna merah muda.

Lampiran 2. Data Penimbangan

1. Data penimbangan perhitungan kadar asam lemak bebas

No.	Nama Bahan	Ulangan	Berat wadah (g)	Berat bahan (g)
1.	Minyak Goreng Sebelum Penggorengan	I	112,4691	20,0253
		II	112,5312	20,0373
		III	112,4763	20,0618
2.	Minyak Goreng Sesudah Penggorengan	I	120,7683	20,0399
		II	120,4876	20,0633
		III	118,4271	20,0308

No	Lama Pengadukan	Konsentrasi Bekatul	Ulangan	Berat wadah (g)	Berat Bahan (g)
1	30 menit	5 %	I	120,3825	20,0561
			II	111,3710	20,0315
			III	111,6815	20,0122
		10 %	I	106,4704	20,0655
			II	106,5230	20,0166
			III	115,8277	20,0598
		15 %	I	113,4705	20,0373
			II	117,2504	20,0148
			III	111,6414	20,0811
2	60 menit	5 %	I	106,4662	20,0130
			II	115,8386	20,0100
			III	106,5157	20,0486
		10 %	I	111,4870	20,0206
			II	117,2524	20,1141

			III	111,6208	20,0719
		15 %	I	111,6243	20,0484
			II	109,6840	20,1706
			III	117,8683	20,0477
3	90 menit	5 %	I	111,2996	20,0338
			II	113,4628	20,0686
			III	117,2478	20,0113
		10 %	I	117,8601	20,0508
			II	109,6882	20,0499
			III	111,6208	20,0718
		15 %	I	111,2935	20,0611
			II	117,2431	20,1090
			III	113,4588	20,1156

2. Data penimbangan perhitungan kadar bilangan peroksida

No.	Nama Bahan	Ulangan	Berat wadah (g)	Berat bahan (g)
1.	Minyak Goreng Sebelum Penggorengan	I	120,6772	5,0411
		II	119,8192	5,0513
		III	121,4687	5,0471
2.	Minyak Goreng Sesudah Penggorengan	I	104,9163	5,0473
		II	109,0685	5,0632
		III	109,2659	5,0286

No	Lama Pengadukan	Konsentrasi Bekatul	Ulangan	Berat wadah (g)	Berat Bahan (g)
1	30 menit	5 %	I	111,3336	5,0791

			II	109,4031	5,0087
			III	110,5471	5,0611
		10 %	I	109,4611	5,0103
			II	111,4663	5,0745
			III	110,8711	5,0622
		15 %	I	109,4982	5,0313
			II	112,7401	5,0692
			III	110,8109	5,0103
2	60 menit	5 %	I	116,3220	5,0238
			II	106,5210	5,0417
			III	116,4691	5,1003
		10 %	I	116,3233	5,0018
			II	110,4358	5,0262
			III	111,3820	5,0255
		15 %	I	117,7451	5,0111
			II	113,6903	5,0290
			III	104,9389	5,1003
3	90 menit	5 %	I	111,3655	5,0181
			II	109,8267	5,0371
			III	111,9425	5,0266
		10 %	I	111,2956	5,0241
			II	110,8031	5,0030
			III	111,4766	5,0158
		15 %	I	111,3655	5,0025
			II	109,8267	5,0144
			III	111,9425	5,0083

Lampiran 3. Data Standarisasi

1. Hasil standarisasi NaOH + 0,01 N dengan H₂C₂O₄ 0,0102 N

No.	Bahan	Volume Bahan (mL)	Nama dan N Titran	Titration ke...	Volume Titran (mL)
1.	H ₂ C ₂ O ₄	10,00	NaOH ± 0,01N	I	8,20
				II	8,10
				III	8,30

2. Hasil standarisasi Na₂S₂O₃ + 0,01 N dengan KIO₃ 0,01 N

No.	Bahan	Volume Bahan (mL)	Nama dan N Titran	Titration ke...	Volume Titran (mL)
1.	KIO ₃	10,00	Na ₂ S ₂ O ₃ ± 0,01N	I	10,40
				II	10,50
				III	10,50

Lampiran 4. Data Titrasi

Table kadar asam lemak bebas

Lama Pengadukan	Konsentrasi Bekatul	Titration	Weight of Sample (g)	Volume of NaOH Titrant (ml)	Free Fatty Acid Content (%)	Average Content (%)
30 menit	5 %	I	20,0561	39,60	0,62 %	0,62 %
		II	20,0315	39,40	0,62 %	
		III	20,0122	39,50	0,62 %	
	10 %	I	20,0655	32,20	0,50 %	0,50 %
		II	20,0166	32,20	0,51 %	
		III	20,0598	32,20	0,50 %	
	15 %	I	20,0373	24,50	0,38 %	0,38 %
		II	20,0148	24,50	0,38 %	
		III	20,0811	24,50	0,38 %	
60 menit	5 %	I	20,0130	38,50	0,61 %	0,61 %
		II	20,0100	38,50	0,61 %	
		III	20,0486	38,60	0,61 %	
	10 %	I	20,0206	31,00	0,49 %	0,49 %
		II	20,1141	31,20	0,49 %	
		III	20,0719	31,10	0,49 %	
	15 %	I	20,0484	23,30	0,36 %	0,36 %
		II	20,1706	23,40	0,36 %	
		III	20,0477	23,40	0,37 %	
90 menit	5 %	I	20,0338	37,80	0,59 %	0,59 %
		II	20,0686	37,90	0,59 %	
		III	20,0113	37,90	0,60 %	
	10 %	I	20,0508	29,80	0,47 %	0,47 %
		II	20,0499	29,70	0,47 %	

		III	20,0718	29,80	0,47 %	
	15 %	I	20,0611	22,10	0,34 %	0,34 %
		II	20,1090	22,10	0,34 %	
		III	20,1156	22,10	0,34 %	

Tabel Bilangan Peroksida

Lama Pengadukan	Konsentrasi Bekatul	Titrasi	Berat Bahan Sampel (gr)	Volume Titran (ml) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Kadar Bilangan Peroksida (mek O_2/kg)	Kadar Rata-rata Peroksida (mek O_2/kg)

30 menit	5 %	I	5,0791	7,60	11,52	11,52
		II	5,0087	7,50	11,49	
		III	5,0611	7,60	11,57	
	10 %	I	5,0103	6,50	9,58	9,43
		II	5,0745	6,50	9,45	
		III	5,0622	6,30	9,28	
	15 %	I	5,0313	5,90	8,39	8,38
		II	5,0691	5,90	8,33	
		III	5,0103	5,90	8,43	
60 menit	5 %	I	5,0238	7,20	10,89	10,88
		II	5,0417	7,20	10,85	
		III	5,1003	7,30	10,91	
	10 %	I	5,0018	6,3	9,02	8,99
		II	5,0262	6,2	8,97	
		III	5,0255	6,2	8,99	
	15 %	I	5,0111	5,4	7,47	7,35
		II	5,0290	5,4	7,44	
		III	5,1003	5,3	7,15	
90 menit	5 %	I	5,0181	6,80	10,13	10,11
		II	5,0371	6,80	10,10	
		III	5,0266	6,80	10,12	
	10 %	I	5,0241	5,8	8,21	8,21
		II	5,0030	5,8	8,25	
		III	5,0518	5,8	8,17	
	15 %	I	5,0025	5,0	6,71	6,76
		II	5,0144	5,10	6,89	
		III	5,0083	5,0	6,70	

Table kontrol Asam Lemak Bebas

No	Sampel	Ulangan	Penimbangan	Volume Titran NaOH 0,01N (ml)	Kadar Asam Lemak Bebas (%)	Kadar Rata-rata Asam Lemak Bebas (%)
1.	Kontrol minyak curah Baru	I	20,0253	16,10	0,25	0,25%
		II	20,0373	16,10	0,25	
		III	20,0618	16,20	0,25	
2.	Kontrol minyak 3x Pengorengan	I	20,0681	45,70	0,72	0,72%
		II	20,0633	45,70	0,72	
		III	20,0308	45,70	0,72	

Table kontrol Bilangan Peroksida

No	Sampel	Ulangan	Penimbangan	Volume Titran $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01N (ml)	Kadar Bilangan Peroksida (mek O_2/kg)	Kadar Rata-rata Bilangan Peroksida
1.	Kontrol minyak curah Baru	I	5,0411	4,00	4,76	4,82
		II	5,0513	4,10	4,94	
		III	5,0471	4,00	4,76	
2.	Kontrol minyak 3x Pengorengan	I	5,0473	8,90	14,07	14,01
		II	5,0632	8,90	14,03	
		III	5,0286	8,80	13,93	

Perhitungan Kadar Sampel

1. Minyak goreng curah baru (0x penggorengan)

$$\begin{aligned} \text{a. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(16,10 \times 0,0124) \times 256}{20,0253 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,25\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(16,10 \times 0,0124) \times 256}{20,0373 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,25\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(16,20 \times 0,0124) \times 256}{20,0618 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,25\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Bilangan peroksida} &= \frac{(4,0 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0411} \\ &= 4,76 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Bilangan peroksida} &= \frac{(4,1 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0513} \\ &= 4,74 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. Bilangan peroksida} &= \frac{(4,0 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0411} \\ &= 4,76 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

2. Minyak goreng curah 3x penggorengan

$$\begin{aligned} \text{a. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(45,70 \times 0,0124) \times 256}{20,0681 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,72\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(45,70 \times 0,0124) \times 256}{20,0633 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,72\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(45,70 \times 0,0124) \times 256}{20,0308 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,72\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Bilangan peroksida} &= \frac{(8,9 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0473} \\ &= 14,07 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Bilangan peroksida} &= \frac{(8,9 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0632} \\ &= 14,03 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. Bilangan peroksida} &= \frac{(8,8 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0286} \\ &= 13,93 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

Data perhitungan sampel

1. Perhitungan kadar, konsentrasi bekatul 5% dengan lama waktu pengadukan 30 menit,

$$\begin{aligned} \text{g. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(39,60 \times 0,0124) \times 256}{20,0561 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,62\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{h. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(39,40 \times 0,0124) \times 256}{20,0315 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,62\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{i. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(39,50 \times 0,0124) \times 256}{20,0122 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,62\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{j. Bilangan peroksida} &= \frac{(7,6 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0791} \\ &= 11,52 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{k. Bilangan peroksida} &= \frac{(7,5 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0087} \\ &= 11,49 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{l. Bilangan peroksida} &= \frac{(7,6 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0611} \\ &= 11,57 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

2. Perhitungan kadar, konsentrasi bekatul 5% dengan lama waktu pengadukan 60 menit,

$$\begin{aligned} \text{a. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(38,50 \times 0,0124) \times 256}{20,0130 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,61\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(38,50 \times 0,0124) \times 256}{20,0100 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,61\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(38,60 \times 0,0124) \times 256}{20,0486 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,61\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Bilangan peroksida} &= \frac{(7,2 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0238} \\ &= 10,89 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Bilangan peroksida} &= \frac{(7,2 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0417} \\ &= 10,85 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. Bilangan peroksida} &= \frac{(7,3 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,1003} \\ &= 10,91 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

3. Perhitungan kadar, konsentrasi bekatul 5% dengan lama waktu pengadukan 90 menit,

$$\text{a. Asam Lemak Bebas (\%)} = \frac{(37,80 \times 0,0124) \times 256}{20,0338 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 0,59 \%$$

$$\text{b. Asam Lemak Bebas (\%)} = \frac{(37,90 \times 0,0124) \times 256}{20,0686 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 0,59 \%$$

$$\text{c. Asam Lemak Bebas (\%)} = \frac{(37,90 \times 0,0124) \times 256}{20,0113 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 0,60 \%$$

$$\text{d. Bilangan peroksida} = \frac{(6,8 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0181}$$

$$= 10,13 \text{ mek O}_2/\text{kg}$$

$$\text{e. Bilangan peroksida} = \frac{(6,8 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0371}$$

$$= 10,10 \text{ mek O}_2/\text{kg}$$

$$\text{f. Bilangan peroksida} = \frac{(6,8 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0266}$$

$$= 10,12 \text{ mek O}_2/\text{kg}$$

4. Perhitungan kadar, konsentrasi bekatul 10% dengan lama waktu pengadukan 30 menit,

$$\text{a. Asam Lemak Bebas (\%)} = \frac{(32,20 \times 0,0124) \times 256}{20,0615 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 0,50 \%$$

$$\begin{aligned} \text{b. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(32,20 \times 0,0124) \times 256}{20,0166 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,51\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(32,20 \times 0,0124) \times 256}{20,0598 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,50\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g. Bilangan peroksida} &= \frac{(6,5 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0103} \\ &= 9,58 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{h. Bilangan peroksida} &= \frac{(6,5 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0745} \\ &= 9,45 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{i. Bilangan peroksida} &= \frac{(6,3 - 1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0622} \\ &= 9,28 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

5. Perhitungan kadar, konsentrasi bekatul 10% dengan lama waktu pengadukan 60 menit,

$$\begin{aligned} \text{a. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(31,00 \times 0,0124) \times 256}{20,0206 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,49\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(31,20 \times 0,0124) \times 256}{20,1141 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,49\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(31,10 \times 0,0124) \times 256}{20,0598 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,49\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{j. Bilangan peroksida} &= \frac{(6,2-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0018} \\ &= 9,02 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{k. Bilangan peroksida} &= \frac{(6,2-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0262} \\ &= 8,97 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{l. Bilangan peroksida} &= \frac{(6,2-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0251} \\ &= 8,99 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

6. Perhitungan kadar, konsentrasi bekatul 10% dengan lama waktu pengadukan 90 menit,

$$\begin{aligned} \text{a. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(29,80 \times 0,0124) \times 256}{20,0508 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,47\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(29,70 \times 0,0124) \times 256}{20,0499 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,47\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(29,80 \times 0,0124) \times 256}{20,0718 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,47\% \end{aligned}$$

$$d. \text{ Bilangan peroksida} = \frac{(5,8-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0241}$$

$$= 8,21 \text{ mek O}_2/\text{kg}$$

$$e. \text{ Bilangan peroksida} = \frac{(5,8-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0030}$$

$$= 8,25 \text{ mek O}_2/\text{kg}$$

$$f. \text{ Bilangan peroksida} = \frac{(5,8-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0251}$$

$$= 8,17 \text{ mek O}_2/\text{kg}$$

7. Perhitungan kadar, konsentrasi bekatul 15% dengan lama waktu pengadukan 30 menit,

$$a. \text{ Asam Lemak Bebas (\%)} = \frac{(24,50 \times 0,0124) \times 256}{20,0373 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 0,38 \%$$

$$b. \text{ Asam Lemak Bebas (\%)} = \frac{(24,50 \times 0,0124) \times 256}{20,0148 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 0,38 \%$$

$$c. \text{ Asam Lemak Bebas (\%)} = \frac{(24,50 \times 0,0124) \times 256}{20,0811 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 0,38 \%$$

$$d. \text{ Bilangan peroksida} = \frac{(5,5-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0313}$$

$$= 7,63 \text{ mek O}_2/\text{kg}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Bilangan peroksida} &= \frac{(5,5-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0691} \\ &= 7,57 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. Bilangan peroksida} &= \frac{(5,5-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0103} \\ &= 7,66 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

8. Perhitungan kadar, konsentrasi bekatul 15% dengan lama waktu pengadukan 60 menit

$$\begin{aligned} \text{a. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(23,30 \times 0,0124) \times 256}{20,0484 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,36\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(23,40 \times 0,0124) \times 256}{20,1706 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,36\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Asam Lemak Bebas (\%)} &= \frac{(23,40 \times 0,0124) \times 256}{20,0477 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,37\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Bilangan peroksida} &= \frac{(5,3-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0111} \\ &= 7,27 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Bilangan peroksida} &= \frac{(5,3-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0290} \\ &= 7,25 \text{ mek O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$f. \text{ Bilangan peroksida} = \frac{(5,2-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,1003}$$

$$= 6,96 \text{ mek O}_2/\text{kg}$$

9. Perhitungan kadar, konsentrasi bekatul 15% dengan lama waktu pengadukan 90 menit

$$a. \text{ Asam Lemak Bebas (\%)} = \frac{(22,10 \times 0,0124) \times 256}{20,0611 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 0,34 \%$$

$$b. \text{ Asam Lemak Bebas (\%)} = \frac{(22,10 \times 0,0124) \times 256}{20,1090 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 0,34 \%$$

$$c. \text{ Asam Lemak Bebas (\%)} = \frac{(22,10 \times 0,0124) \times 256}{20,1156 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 0,34 \%$$

$$d. \text{ Bilangan peroksida} = \frac{(5,0-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0025}$$

$$= 6,71 \text{ mek O}_2/\text{kg}$$

$$e. \text{ Bilangan peroksida} = \frac{(5,1-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0144}$$

$$= 6,89 \text{ mek O}_2/\text{kg}$$

$$f. \text{ Bilangan peroksida} = \frac{(5,0-1,5) \times 0,0096 \times 1000}{5,0083}$$

$$= 6,70 \text{ mek O}_2/\text{kg}$$

Lampiran 5. Uji Statistik

NPar Tests

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Kadar Asam Lemak Bebas	27	.4856	.10364	.34	.62

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Kadar Bilangan Peroksida	27	9.0744	1.52180	6.70	11.57

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Kadar Asam Lemak Bebas
N		27
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.4856
	Std. Deviation	.10364
Most Extreme Differences	Absolute	.179
	Positive	.179
	Negative	-.177
Kolmogorov-Smirnov Z		.931
Asymp. Sig. (2-tailed)		.352

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Kadar Bilangan Peroksida
N		27
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	9.0744
	Std. Deviation	1.52180
Most Extreme Differences	Absolute	.108
	Positive	.108
	Negative	-.101
Kolmogorov-Smirnov Z		.564
Asymp. Sig. (2-tailed)		.908

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Konsentrasi Bekatul	1	kadar 5%	9
	2	kadar 10%	9
	3	kadar 15%	9
Waktu Pengadukan	1	30 menit	9
	2	60 menit	9
	3	90 menit	9

Descriptive Statistics

Dependent Variable:Kadar Asam Lemak Bebas

Konsentrasi Bekatul	Waktu Pengadukan	Mean	Std. Deviation	N
kadar 5%	30 menit	.6200	.00000	3
	60 menit	.6100	.00000	3
	90 menit	.5933	.00577	3
	Total	.6078	.01202	9
kadar 10%	30 menit	.5033	.00577	3
	60 menit	.4900	.00000	3
	90 menit	.4700	.00000	3
	Total	.4878	.01481	9
kadar 15%	30 menit	.3800	.00000	3
	60 menit	.3633	.00577	3
	90 menit	.3400	.00000	3
	Total	.3611	.01764	9
Total	30 menit	.5011	.10398	9
	60 menit	.4878	.10686	9
	90 menit	.4678	.10975	9
	Total	.4856	.10364	27

Descriptive Statistics

Dependent Variable:Kadar Bilangan Peroksida

Konsentrasi Bekatul	Waktu Pengadukan	Mean	Std. Deviation	N
kadar 5%	30 menit	11.5267	.04041	3
	60 menit	10.8833	.03055	3
	90 menit	10.1167	.01528	3
	Total	10.8422	.61190	9
kadar 10%	30 menit	9.4367	.15044	3
	60 menit	8.9933	.02517	3

	90 menit	8.2100	.04000	3
	Total	8.8800	.54367	9
kadar 15%	30 menit	8.3833	.05033	3
	60 menit	7.3533	.17673	3
	90 menit	6.7667	.10693	3
	Total	7.5011	.71668	9
Total	30 menit	9.7822	1.38797	9
	60 menit	9.0767	1.53249	9
	90 menit	8.3644	1.45635	9
	Total	9.0744	1.52180	27

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable:Kadar Asam Lemak Bebas

F	df1	df2	Sig.
12.000	8	18	.000

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Konsentrasi + Waktu + Konsentrasi * Waktu

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable:Kadar Bilangan Peroksida

F	df1	df2	Sig.
4.049	8	18	.007

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Konsentrasi + Waktu + Konsentrasi * Waktu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Kadar Asam Lemak Bebas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.279 ^a	8	.035	3139.500	.000
Intercept	6.366	1	6.366	572907.000	.000
Konsentrasi	.274	2	.137	12324.000	.000
Waktu	.005	2	.003	228.000	.000
Konsentrasi * Waktu	.000	4	3.333E-5	3.000	.046
Error	.000	18	1.111E-5		
Total	6.645	27			
Corrected Total	.279	26			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Kadar Bilangan Peroksida

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	60.067 ^a	8	7.508	927.389	.000
Intercept	2223.330	1	2223.330	274610.705	.000
Konsentrasi	50.744	2	25.372	3133.780	.000
Waktu	9.045	2	4.523	558.619	.000
Konsentrasi * Waktu	.278	4	.069	8.579	.000
Error	.146	18	.008		
Total	2283.543	27			
Corrected Total	60.213	26			

a. R Squared = .998 (Adjusted R Squared = .997)

Estimated Marginal Means

3. Konsentrasi Bekatul * Waktu Pengadukan

Dependent Variable:Kadar Asam Lemak Bebas

Konsentrasi Bekatul	Waktu Pengadukan	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
kadar 5%	30 menit	.620	.002	.616	.624
	60 menit	.610	.002	.606	.614
	90 menit	.593	.002	.589	.597
kadar 10%	30 menit	.503	.002	.499	.507
	60 menit	.490	.002	.486	.494
	90 menit	.470	.002	.466	.474
kadar 15%	30 menit	.380	.002	.376	.384
	60 menit	.363	.002	.359	.367
	90 menit	.340	.002	.336	.344

3. Konsentrasi Bekatul * Waktu Pengadukan

Dependent Variable:Kadar Bilangan Peroksida

Konsentrasi Bekatul	Waktu Pengadukan	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
kadar 5%	30 menit	11.527	.052	11.418	11.636
	60 menit	10.883	.052	10.774	10.992
	90 menit	10.117	.052	10.008	10.226
kadar 10%	30 menit	9.437	.052	9.328	9.546
	60 menit	8.993	.052	8.884	9.102
	90 menit	8.210	.052	8.101	8.319
kadar 15%	30 menit	8.383	.052	8.274	8.492
	60 menit	7.353	.052	7.244	7.462
	90 menit	6.767	.052	6.658	6.876

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Kadar Asam Lemak Bebas

Tukey HSD

(I) Konsentrasi Bekatul	(J) Konsentrasi Bekatul	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
kadar 5%	kadar 10%	.1200 [*]	.00157	.000	.1160	.1240
	kadar 15%	.2467 [*]	.00157	.000	.2427	.2507
kadar 10%	kadar 5%	-.1200 [*]	.00157	.000	-.1240	-.1160
	kadar 15%	.1267 [*]	.00157	.000	.1227	.1307
kadar 15%	kadar 5%	-.2467 [*]	.00157	.000	-.2507	-.2427
	kadar 10%	-.1267 [*]	.00157	.000	-.1307	-.1227

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.11E-005.

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

Multiple Comparisons

Kadar Bilangan Peroksida

Tukey HSD

(I) Konsentrasi Bekatul	(J) Konsentrasi Bekatul	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
kadar 5%	kadar 10%	1.9622 [*]	.04242	.000	1.8540	2.0705
	kadar 15%	3.3411 [*]	.04242	.000	3.2329	3.4494
kadar 10%	kadar 5%	-1.9622 [*]	.04242	.000	-2.0705	-1.8540
	kadar 15%	1.3789 [*]	.04242	.000	1.2706	1.4871
kadar 15%	kadar 5%	-3.3411 [*]	.04242	.000	-3.4494	-3.2329
	kadar 10%	-1.3789 [*]	.04242	.000	-1.4871	-1.2706

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .008.

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

Homogeneous Subsets

Kadar Asam Lemak Bebas

Tukey HSD^{a,b}

Konsentrasi Bekatul	N	Subset		
		1	2	3
kadar 15%	9	.3611		
kadar 10%	9		.4878	
kadar 5%	9			.6078
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.11E-005.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

Kadar Bilangan Peroksida

Tukey HSD^{a,b}

Konsentrasi Bekatul	N	Subset		
		1	2	3
kadar 15%	9	7.5011		
kadar 10%	9		8.8800	
kadar 5%	9			10.8422
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .008.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

Lampiran 6. Daftar Gambar



Gambar 6. Bekatul



Gambar 7. Proses Pengadukan



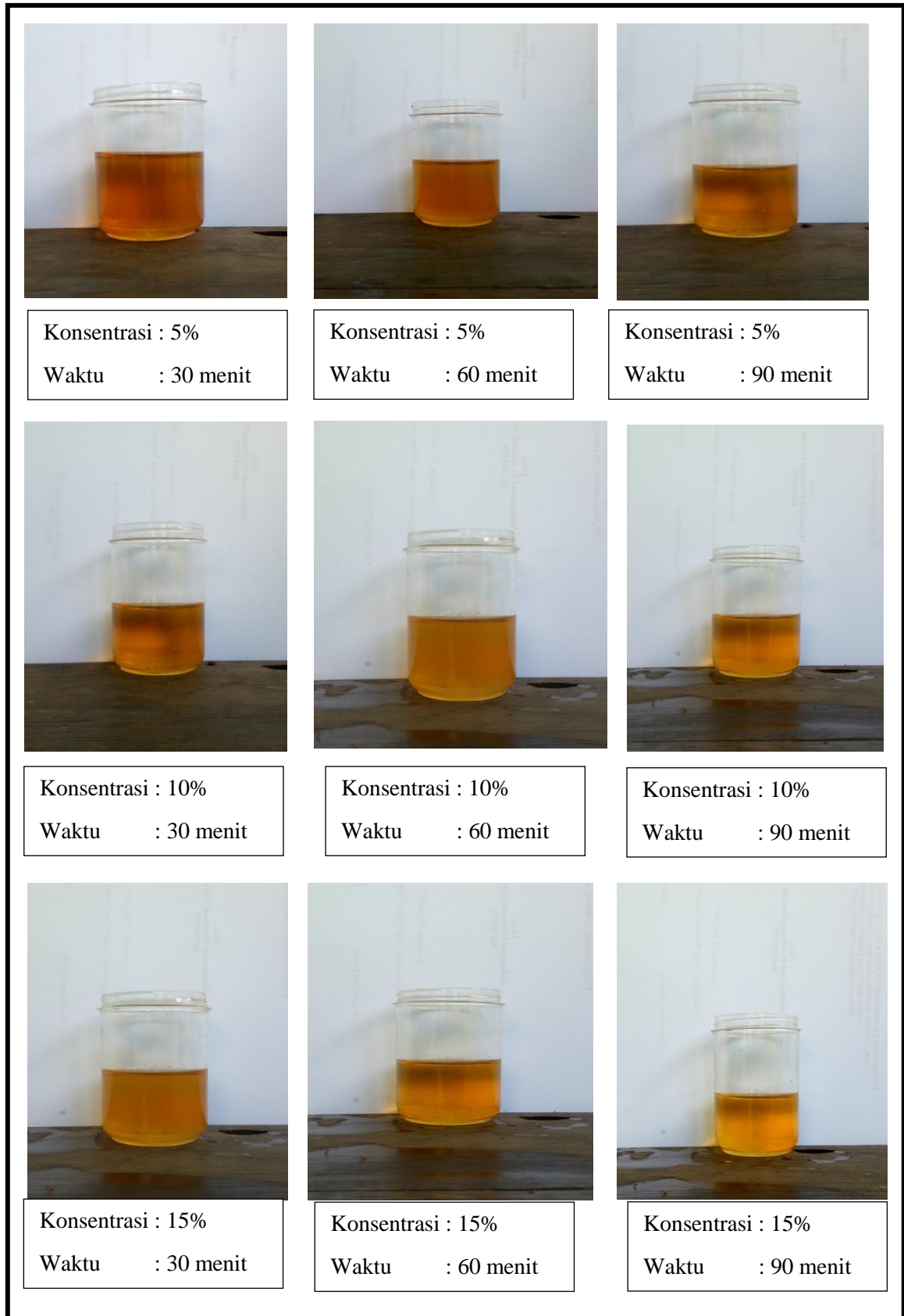
Gambar 8. Proses Penyaringan



Gambar 9. Minyak Goreng Curah
Sebelum Penggorengan



Gambar 10. Minyak Goreng Curah
Sesudah 3x Penggorengan



Gambar 11. Hasil Proses Penyaringan



Gambar 12. Titik Akhir Titration Asam Lemak Bebas



Gambar 13. Titik Akhir Titration Bilangan Peroksida